



ΑΡΙΣΤΟΤΕΛΕΙΟ ΠΑΝΕΠΙΣΤΗΜΙΟ ΘΕΣΣΑΛΟΝΙΚΗΣ
ΤΜΗΜΑ ΓΕΩΛΟΓΙΑΣ
ΤΟΜΕΑΣ ΓΕΩΛΟΓΙΑΣ
ΕΡΓΑΣΤΗΡΙΟ ΤΕΧΝΙΚΗΣ ΓΕΩΛΟΓΙΑΣ ΚΑΙ ΥΔΡΟΓΕΩΛΟΓΙΑΣ



MARIA MAΥPAKH

Πτυχιούχος Γεωλόγος

ΧΑΡΤΟΓΡΑΦΗΣΗ ΠΕΡΙΟΧΩΝ ΕΥΑΛΩΤΩΝ
ΣΤΗΝ ΕΚΔΗΛΩΣΗ ΠΛΗΜΜΥΡΙΚΩΝ ΦΑΙΝΟΜΕΝΩΝ:
ΕΦΑΡΜΟΓΗ ΣΕ ΠΕΡΙΟΧΗ ΤΟΥ ΝΟΜΟΥ ΠΕΡΙΑΣ

ΜΕΤΑΠΤΥΧΙΑΚΗ ΔΙΑΤΡΙΒΗ ΕΙΔΙΚΕΥΣΗΣ

ΘΕΣΣΑΛΟΝΙΚΗ

2016

MARIA MAYPAKH

Πτυχιούχος Γεωλόγος

**ΧΑΡΤΟΓΡΑΦΗΣΗ ΠΕΡΙΟΧΩΝ ΕΥΑΛΩΤΩΝ
ΣΤΗΝ ΕΚΔΗΛΩΣΗ ΠΛΗΜΜΥΡΙΚΩΝ ΦΑΙΝΟΜΕΝΩΝ:
ΕΦΑΡΜΟΓΗ ΣΕ ΠΕΡΙΟΧΗ ΤΟΥ ΝΟΜΟΥ ΠΙΕΡΙΑΣ**

Υποβλήθηκε στο Τμήμα Γεωλογίας στο πλαίσιο
του Μεταπτυχιακού Προγράμματος Σπουδών
«Εφαρμοσμένη και Περιβαλλοντική Γεωλογία»,
Κλάδος Περιβαλλοντικής Υδρογεωλογίας

Ημερομηνία Προφορικής Εξέτασης: 5/2/2016

Τριμελής Συμβουλευτική Επιτροπή:

Κωνσταντίνος Βουδούρης,
Αναπληρωτής Καθηγητής, Επιβλέπων

Κωνσταντίνος Αλμπανάκης,
Αναπληρωτής Καθηγητής, Μέλος Τριμελούς Συμβουλευτικής Επιτροπής

Μάριος Σαπουντζής,
Επίκουρος Καθηγητής Μέλος Τριμελούς Συμβουλευτικής Επιτροπής

© Μαρία Μαυράκη, 2016

Με επιφύλαξη παντός δικαιώματος. All right reserved.

Χαρτογράφηση περιοχών ευάλωτων στην εκδήλωση πλημμυρικών φαινομένων:

Εφαρμογή σε περιοχή του Νομού Πιερίας

Απαγορεύεται η αντιγραφή, αποθήκευση και διανομή της παρούσας εργασίας, εξ' ολοκλήρου ή τμήματος αυτής, για εμπορικό σκοπό. Επιτρέπεται η ανατύπωση, αποθήκευση και διανομή για σκοπό μη κερδοσκοπικό, εκπαιδευτικής ή ερευνητικής φύσης, υπό την προϋπόθεση να αναφέρεται η πηγή προέλευσης και να διατηρείται το παρόν μήνυμα. Ερωτήματα που αφορούν τη χρήση της εργασίας για κερδοσκοπικό σκοπό πρέπει να απευθύνονται προς το συγγραφέα.

Οι απόψεις και τα συμπεράσματα που περιέχονται σε αυτό το έγγραφο εκφράζουν το συγγραφέα και δεν πρέπει να ερμηνευτεί ότι εκφράζουν τις επίσημες θέσεις του Α.Π.Θ.

ΠΡΟΛΟΓΟΣ

Μετά από ενάμιση χρόνο φοίτησης στο Πρόγραμμα Μεταπτυχιακών Σπουδών της Εφαρμοσμένης και Περιβαλλοντικής Γεωλογίας και συγκεκριμένα στο κλάδο Περιβαλλοντικής Υδρογεωλογίας, του Τμήματος Γεωλογίας Θεσσαλονίκης, ολοκληρώνω αυτή μου τη προσπάθεια με την παρούσα εργασία.

Η πορεία μου στο μεταπτυχιακό αυτό ήταν εποικοδομητική, διεπιστημονική αλλά και κατά καιρούς ζόρικη, αφενός λόγω της απαιτητικής του φύσης αλλά και γιατί το πρόγραμμα αυτό λειτούργησε για πρώτη φορά φέτος, μαζί με το αντίστοιχο της Τεχνικής Γεωλογίας, με ότι αυτό συνεπάγεται. Ωστόσο πιστεύω ότι μου έδωσε αρκετά εφόδια για τη μετέπειτα ζωή και καριέρα μου όπως γνώσεις, πνεύμα συνεργασίας, υπομονή και πιο επαγγελματική σκέψη, για αυτό και ευχαριστώ που με επέλεξαν να το παρακολουθήσω.

Η ενασχόληση με την έρευνα και τη μελέτη υδρογεωλογικών θεμάτων, ιδίως αυτών που συμπεριλαμβάνουν και την περιβαλλοντική διάσταση, είναι ιδιαίτερα ενδιαφέρουσα, ανοίγει νέους ορίζοντες σκέψης και φέρνει τον άνθρωπο πιο κοντά στη γνώση της λειτουργίας του κόσμου που τον περιβάλλει. Είναι όμως απαραίτητο όσοι ακολουθήσουν αυτό το δρόμο να έχουν όρεξη και χρόνο, να τολμούν, να δημιουργούν αλλά και να έχουν μοντέρνες και πρωτότυπες ιδέες. Με τα παραπάνω θα καταφέρουν να εμπλουτίσουν και να βελτιώσουν τα προϋπάρχοντα κακώς κείμενα που θα συναντήσουν στην πορεία τους, παίρνοντας έτσι τη σκυτάλη από τους παλιότερους ώστε να βοηθήσουν με τη σειρά τους τις επόμενες γενιές επιστημόνων.

Όλοι όσοι βρέθηκαν μέχρι και σήμερα στη φοιτητική μου πορεία με βοήθησαν να γίνω καλύτερη και να μπω δυναμικά στην πραγματικότητα. Με δίδαξαν με τον ένα ή τον άλλο τρόπο, μέσα από ευχάριστες ή μη καταστάσεις και τους ευχαριστώ πολύ για αυτό. Ωστόσο θέλω να ευχαριστήσω ιδιαίτερα την οικογένειά μου, με την ευρύτερη σημασία της λέξης γιατί ήταν στο πλάι μου αυτό το διάστημα και μου έμαθαν να μην τα παρατάω, να αγαπώ, να ζω και να μαθαίνω.

Επίσης ευχαριστώ πολύ τον Αναπληρωτή Καθηγητή, κ. Βουδούρη, που για άλλη μια φορά με εμπιστεύτηκε, με στήριξε και μου μετέδωσε τις γνώσεις του. Ευχαριστώ ιδιαίτερα τον διδάκτορα κ. Καζάκη που όπως στη Διπλωματική μου εργασία έτσι και στην Διατριβή Ειδίκευσης με βοήθησε, με συμβούλεψε και με καθοδήγησε. Τέλος ευχαριστώ το επιστημονικό προσωπικό του τομέα Γεωλογίας για την συνεργασία τους. Ελπίζω να ξανασυνεργαστώ με όλους στο μέλλον γιατί οι γνώσεις τους καλύπτουν ένα ευρύ φάσμα αντικειμένων που με ενδιαφέρει.

Η παρούσα εργασία αφιερώνεται στον θείο Άρη και στην μικρή Ελπίδα.

ΠΕΡΙΕΧΟΜΕΝΑ

ΠΡΟΛΟΓΟΣ	iii
ΠΕΡΙΕΧΟΜΕΝΑ	v
ΠΕΡΙΛΗΨΗ	1
ABSTRACT	2
1. ΕΙΣΑΓΩΓΗ	3
1.1. Θέμα διατριβής	3
1.2. Σκοπός και χρησιμότητα	4
1.3. Είδη πλημμυρών	5
1.4. Οδηγία 2007/60/EK	6
1.5. Δεδομένα και απαραίτητο υλικό	7
1.5.1. Χαρτογραφικά και άλλα δεδομένα	7
1.5.2. Λογισμικά	8
1.5.3. Επεξεργασία δεδομένων	8
2. ΓΕΩΓΡΑΦΙΑ ΤΗΣ ΠΕΡΙΟΧΗΣ	9
2.1. Γεωγραφική θέση	9
2.2. Μορφολογία της περιοχής μελέτης	10
2.3. Πληθυσμός και οικονομία	13
2.4. Κλίμα	14
3. ΓΕΩΛΟΓΙΑ ΤΗΣ ΕΥΡΥΤΕΡΗΣ ΠΕΡΙΟΧΗΣ	16
3.1. Παλαιογεωγραφία και γεωτεκτονική θέση της Υποζώνης Αλμωπίας	17
3.2. Λιθοστρωματογραφική εξέλιξη της Υποζώνης Αλμωπίας	17
3.3. Η τεκτονική δομή της Αλμωπίας	20

3.4. Γεωλογία και γεωλογικά χαρακτηριστικά της περιοχής έρευνας	21
4. ΥΔΡΟΓΕΩΛΟΓΙΚΑ ΣΤΟΙΧΕΙΑ	26
4.1. Γενικά	26
4.2. Υδρολιθολογία.....	28
5. ΙΣΤΟΡΙΚΗ ΑΝΑΔΡΟΜΗ ΠΛΗΜΜΥΡΙΚΩΝ ΦΑΙΝΟΜΕΝΩΝ	
ΤΗΣ ΠΕΡΙΟΧΗΣ ΜΕΛΕΤΗΣ	31
6. ΜΕΘΟΔΟΛΟΓΙΑ - ΕΦΑΡΜΟΓΗ	37
6.1. Γενικά	37
6.2. Χάρτης Ψηφιακού Μοντέλου Αναγλύφου	39
6.3. Χάρτης Περαιτότητας Γεωλογικών Σχηματισμών	41
6.4. Χάρτης Κλίσεων.....	44
6.5. Χάρτης Συσώρευσης Ροής	46
6.6. Χάρτης Κάλυψης Γης.....	48
6.7. Χάρτης Έντασης της Βροχόπτωσης	51
6.8. Χάρτης Αποστάσεων από το Υδρογραφικό Δίκτυο	54
6.9. Χάρτης Πλημμυρικής Επιδεκτικότητας	56
6.10. Έλεγχος αξιοπιστίας	59
7. ΑΝΑΚΕΦΑΛΑΙΩΣΗ ΚΑΙ ΣΥΜΠΕΡΑΣΜΑΤΑ	61
8. ΒΙΒΛΙΟΓΡΑΦΙΑ	67
9. ΠΑΡΑΡΤΗΜΑ	72

ΠΕΡΙΛΗΨΗ

Ο κύριος σκοπός αυτής της διατριβής είναι η χαρτογράφηση των περιοχών που είναι ευάλωτες στην εκδήλωση πλημμυρών, με τη βοήθεια των Συστημάτων Γεωγραφικών Πληροφοριών (GIS). Για την εκτίμηση της τρωτότητας της περιοχής στα πλημμυρικά φαινόμενα χρησιμοποιήθηκαν και χαρτογραφήθηκαν ποικίλα δεδομένα που αφορούν παράγοντες που επηρεάζουν την εκδήλωση αυτών των φαινομένων.

Η παρούσα εργασία πραγματοποιήθηκε στο Νομό Πιερίας σε μια περιοχή που στο παρελθόν έχει αντιμετωπίσει, κατά τόπους, αρκετά προβλήματα λόγω των πλημμυρών. Η περιοχή μελέτης εντοπίζεται στο Βόρειο Ελλαδικό χώρο, στην περιφέρεια Κεντρικής Μακεδονίας και εκτείνεται τόσο στο Δήμο Κατερίνης όσο και στο Δήμο Πύδνας-Κολινδρού.

Για την επίτευξη του στόχου της εργασίας απαραίτητη ήταν η κατασκευή χάρτη επιδεκτικότητας, της περιοχής μελέτης, στις πλημμύρες, με τη βοήθεια της μεθοδολογίας FIGUSED-S που εφαρμόζεται σε μικρές λεκάνες απορροής, όπως αυτή που εξετάζεται. Έτσι επιλέχθηκαν επτά παράγοντες (συσσώρευση ροής, ένταση βροχής, λιθολογία, χρήσεις γης, κλίση εδάφους, υψόμετρο, απόσταση από το υδρογραφικό δίκτυο) ως οι σημαντικότεροι που επηρεάζουν τις πλημμύρες στην εξεταζόμενη λεκάνη. Οι παράγοντες αυτοί συναξιολογήθηκαν και με τη χρήση του δείκτη FHIS προέκυψε ο τελικός χάρτης, που ταξινομεί την περιοχή σε πέντε κατηγορίες επιδεκτικότητας στις πλημμύρες (πολύ χαμηλή, χαμηλή, μέτρια, υψηλή, πολύ υψηλή). Στη συνέχεια με τη βοήθεια του ArcMap εντοπίστηκαν τα χωριά, τα σημεία του οδικού και σιδηροδρομικού δικτύου και οι χρήσεις γης που παρουσιάζουν τον μεγαλύτερο κίνδυνο. Τέλος, ακολούθησε εκτίμηση της αξιοπιστίας του χάρτη Πλημμυρικής Επιδεκτικότητας, με την υπέρθεση των συντεταγμένων των θέσεων των ιστορικών πλημμυρών που έχουν εκδηλωθεί στην περιοχή.

ABSTRACT

The main purpose of this work is to map areas susceptible to floods with the help of Geographic Information Systems (GIS). To assess these susceptible to flood areas, various data of factors influencing flooding phenomena were used and mapped.

This work was carried out in the prefecture of Pieria in an area that previously has faced, in places, several problems due to flooding. The study area is located in Northern Greece, in Central Macedonia and extends both to the Municipality of Katerini and the Municipality of Pylaia-Kolindros.

To achieve the aim of this study was necessary to construct a susceptible map to flooding, of the study area, using FIGUSED-S methodology which is suitable for small basins, like the studied one. This focuses on seven factors (flow accumulation, rain intensity, lithology, land use, slope, elevation, distance from the hydrographic network) as the most important factors which are influencing flooding in the study basin. These factors evaluated by using FHIS index to create the final map which classifies the area into five susceptibility categories (very low, low, medium, high, very high). Then, with the help of ArcMap, villages, parts of the road and rail network and land use which present most risk, were identified. Finally, followed the assessment of the reliability of the susceptibility map with the overlay of the coordinate positions of the historical floods that have occurred in the area.

1. ΕΙΣΑΓΩΓΗ

Η παρούσα Διατριβή Ειδίκευσης εκπονήθηκε στα πλαίσια του Προγράμματος Μεταπτυχιακών σπουδών του Τμήματος Γεωλογίας, του Αριστοτελείου Πανεπιστημίου Θεσσαλονίκης, στον τομέα Εφαρμοσμένης και Περιβαλλοντικής Γεωλογίας και συγκεκριμένα στο κλάδο Περιβαλλοντικής Υδρογεωλογίας. Ο τίτλος της Διατριβής Ειδίκευσης είναι : « Χαρτογράφηση περιοχών ευαίσθητων στην εκδήλωση πλημμυρικών φαινομένων: Εφαρμογή σε περιοχή του Νομού Πιερίας ».

Η Τριμελής Συμβουλευτική Επιτροπή αποτελείται από τον επιβλέπων Αναπληρωτή Καθηγητή του Τμήματος Γεωλογίας Α.Π.Θ., Κωνσταντίνο Βουδούρη, τον Αναπληρωτή Καθηγητή επίσης του Τμήματος Γεωλογίας Α.Π.Θ., Κωνσταντίνο Αλμπανάκη και τον Επίκουρο Καθηγητή του Τμήματος Δασολογίας και Φυσικού Περιβάλλοντος Α.Π.Θ., Μάριο Σαπουντζή.

1.1. Θέμα διατριβής

Το θέμα της παρούσας διατριβής αφορά ένα φαινόμενο, μια φυσική καταστροφή, που ανέκαθεν επηρέαζε δυσμενώς την ανθρώπινη κοινωνία και τις δραστηριότητές της, τις πλημμύρες.

Καταστροφή, σύμφωνα με την UNDRO (Office of the United Nations Disaster Relief Co-ordinator), μπορεί να οριστεί περισσότερο ποιοτικά, ως: «Ένα γεγονός, συγκεκριμένο στο χώρο και το χρόνο, κατά το οποίο μια κοινότητα υφίσταται σοβαρό κίνδυνο και τα μέλη της αντιμετωπίζουν τέτοιες απώλειες που διαρρηγνύεται η κοινωνική δομή, ενώ παρεμποδίζεται η εκπλήρωση όλων ή μερικών από τις ουσιώδεις λειτουργίες της». Από την αρχαιότητα οι πολιτισμοί αναπτυσσόταν κατά μήκος ποταμών για να εξασφαλίσουν την επικοινωνία τους με τη θάλασσα, να εξασφαλίσουν νερό για ύδρευση και άρδευση και στη σύγχρονη ιστορία για να ικανοποιήσουν ενεργειακές και βιομηχανικές ανάγκες. Τα ανωτέρω πλεονεκτήματα όμως έχουν αντισταθμισθεί από τους κινδύνους των πλημμυρών.

Πλημμύρα χαρακτηρίζεται το γεγονός κατά το οποίο, σε ένα επεισόδιο βροχής, η επιφανειακή απορροή είναι πολύ μεγάλη και υπερβαίνει την παροχευτική ικανότητα ενός υδρορεύματος (Βουδούρης, 2009). Οι πλημμύρες στην Ελλάδα χαρακτηρίζονται ως ταχείας απόκρισης και δίνουν μικρά χρονικά περιθώρια αντίδρασης σε επίπεδο Πολιτικής Προστασίας (Τ.Ε.Ε, 2007). Τα αίτια των πλημμυρών μπορεί να είναι τόσο φυσικά όσο και ανθρωπογενή (Λέκκας, 2000). Στα φυσικά αίτια συγκαταλέγονται ο ρυθμός και η διάρκεια παροχής του βρόχινου νερού, η έκταση της βροχόπτωσης, οι ιδιαίτερες συνθήκες της επιφάνειας της λεκάνης απορροής, οι κλιματικές αλλαγές κ.ά.. Ανθρωπογενή αίτια είναι η ορεινή υλοτομία, η παραποτάμια αστικοποίηση, οι λανθασμένες χρήσεις γης σε πλημμυρικές λεκάνες, η κακή ή μη συντήρηση των αντιπλημμυρικών έργων κ.ά..

1.2. Σκοπός και χρησιμότητα

Ο σκοπός της συγκεκριμένης διατριβής είναι να προσδιοριστούν οι περιοχές εκκίνησης, για το εξεταζόμενο κομμάτι της λεκάνης Κατερίνης, που είναι πιο ευάλωτες στην εκδήλωση πλημμυρικών φαινομένων αλλά και η μελέτη του κάθε παράγοντα που σχετίζεται με αυτά. Ο χάρτης απεικόνισης των ευαίσθητων αυτών περιοχών αποτελεί πολύτιμο εργαλείο για τη χάραξη ζωνών προστασίας, τον σχεδιασμό των αντιπλημμυρικών έργων και των χρήσεων γης αλλά και τη διαχείριση των υδατικών πόρων.

Μέχρι στιγμής δεν υπάρχει μια συγκεκριμένη μεθοδολογία ούτε και πλαίσιο για την παραγωγή χαρτών επιδεκτικότητας. Σε κάθε χάρτη επιδεκτικότητας στις πλημμύρες, η επιλογή των παραγόντων που επηρεάζουν το φαινόμενο αυτό, γίνεται με καθαρά υποκειμενικά κριτήρια του μελετητή. Υποκειμενική είναι επίσης η απόδοση των διαβαθμίσεων (ratings) και της «βαρύτητας» (weight) στους διάφορους παράγοντες που λήφθηκαν υπόψη. Ωστόσο υπάρχει σχετική βιβλιογραφία που μπορεί να βοηθήσει τον μελετητή στην σύνταξη ενός χάρτη Πλημμυρικής Επιδεκτικότητας. Αξίζει βέβαια να σημειωθεί ότι ένας χάρτης δεν μπορεί να αντικαταστήσει ή να περιορίσει σε καμία περίπτωση την έρευνα πεδίου, μπορεί όμως να χρησιμοποιηθεί ως ένας γενικός οδηγός για τους επιστήμονες, τους διοικητικούς και τους διαχειριστές νερών.

1.3. Είδη πλημμυρών

Σύμφωνα με το Γενικό Σχέδιο Πολιτικής Προστασίας «Ξενοκράτης», το είδος της πλημμύρας μπορεί να είναι (Υ.Α 1299/2003) αστική, ποτάμια ή παράκτια. Στην παρούσα διατριβή θα εξεταστούν οι ποτάμιες πλημμύρες.

Οι ποτάμιες πλημμύρες οφείλονται στην υπερχειλίση ενός ποταμού από έντονη βροχόπτωση. Αρχικά οδηγούν σε κατακλυσμό γεωργικών περιοχών, χωριών και πόλεων και δευτερογενώς μπορούν να προκαλέσουν κατολισθήσεις, μετατοπίσεις και διάβρωση του εδάφους. Οι ποτάμιες πλημμύρες διακρίνονται σε πλημμύρες στα ανάντη και πλημμύρες στα κατάντη μιας περιοχής (Λέκκας, 2000).

Οι πλημμύρες στα ανάντη (upstream floods) οφείλονται στις έντονες βροχοπτώσεις, με μικρή διάρκεια, που συμβαίνουν σε μια σχετικά μικρή περιοχή. Οι ξαφνικές πλημμύρες (flash floods) συμβαίνουν κατά την εκδήλωση ισχυρών βροχοπτώσεων σε μικρό χρονικό διάστημα, όταν η διηθητική ικανότητα του εδάφους είναι χαμηλή. Εμφανίζονται στα ανάντη και είναι συνηθισμένες σε ξηρά και ημίξηρα περιβάλλοντα, σε περιοχές με απότομη τοπογραφία, με φτωχή βλάστηση και σε εδάφη με συνεχόμενες ρωγμές, όπου υπάρχουν φράγματα και αναχώματα. Τα παραπάνω είδη δεν προκαλούν πλημμύρες στα μεγαλύτερα ρεύματα αλλά συμμετέχουν στη δημιουργία των προς τα κατάντη (downstream) πλημμυρών. Οι πλημμύρες αυτές, εξαιτίας του ότι έρχονται απροειδοποίητα είναι οι πιο επικίνδυνες. Ξαφνικές πλημμύρες εμφανίζονται συχνά στους χειμάρρους της Μεσογείου που πηγάζουν από βουνά που είναι κοντά στη θάλασσα.

Οι πλημμύρες στα κατάντη (downstream flooding) καλύπτουν μία μεγάλη περιοχή και συνήθως είναι αποτέλεσμα καταιγίδων μακράς διάρκειας οι οποίες οδηγούν στον κορεσμό του εδάφους σε νερό και σε αυξημένη επιφανειακή απορροή. Οι πλημμύρες αυτές επηρεάζουν τόσο τα μεγαλύτερα όσο και τα μικρότερα ρέματα, εκτείνονται σε μεγάλες χρονικές περιόδους και παρουσιάζουν μεγάλη αυξομείωση της παροχής σε συγκεκριμένες τοποθεσίες.

Το μέγεθος ενός πλημμυρικού φαινομένου σχετίζεται με την ποσότητα αλλά και την ένταση της βροχόπτωσης. Οι πλημμύρες που προκαλούν καταστροφές είναι αποτέλεσμα μεγάλων και έντονων καταιγίδων ενώ οι μικρότερες πλημμύρες που εμφανίζονται πιο συχνά, οφείλονται σε λιγότερο έντονες καταιγίδες. Στην Ελλάδα το φαινόμενο των βροχοπτώσεων έχει συχνά το χαρακτήρα ραγδαίων βροχοπτώσεων.

1.4. Οδηγία 2007/60/EK

Τα πλημμυρικά φαινόμενα και η διαχείριση των κινδύνων που προκαλούν απασχολούν ιδιαίτερα όλες τις χώρες της Ευρωπαϊκής Ένωσης, και όχι μόνο, για αυτό και έχει εκδοθεί η σχετική Οδηγία 2007/60/EK. Η Οδηγία αυτή δίνει έναν άλλο ορισμό για την πλημμύρα κατά τον οποίο «Πλημμύρα είναι η προσωρινή κάλυψη από νερό εδάφους, το οποίο υπό φυσιολογικές συνθήκες, δεν καλύπτεται από νερό. Αυτό περιλαμβάνει πλημμύρες από ποτάμια, ορεινούς χείμαρρους, εφήμερα ρεύματα της Μεσογείου και πλημμύρες από τη θάλασσα στις παράκτιες περιοχές, δύναται δε να εξαιρεί πλημμύρες από συστήματα αποχέτευσης.». Κίνδυνος πλημμύρας είναι ο συνδυασμός της πιθανότητας να λάβει χώρα πλημμύρα και των δυνητικών αρνητικών συνεπειών για την ανθρώπινη υγεία, το περιβάλλον, την πολιτιστική κληρονομιά και τις οικονομικές δραστηριότητες, που συνδέονται με αυτή την πλημμύρα (Άρθρο 2). Σκοπός της Οδηγίας 2007/60 είναι ο καθορισμός πλαισίου για την αξιολόγηση και τη διαχείριση των κινδύνων πλημμύρας αλλά και η μείωση των κινδύνων από τις πλημμύρες στην ανθρώπινη υγεία, στο περιβάλλον, στην πολιτιστική κληρονομιά και στις οικονομικές δραστηριότητες (Άρθρο 1).

Με βάση την Οδηγία τα αίτια που οδηγούν στη δημιουργία πλημμυρικών φαινομένων είναι:

- Οι ραγδαίες βροχοπτώσεις - Κλιματικές αλλαγές
- Οι ανεξέλεγκτες επεμβάσεις που έχουν γίνει στους ποταμοχειμάρρους (μπαζώματα, εγκιβωτισμοί, αμμοληψίες)
- Η απουσία έργων ορεινής υδρονομίας (φράγματα)
- Η αποψίλωση των δασών
- Η αστικοποίηση και η οικιστική ανάπτυξη χωρίς πολεοδομικό σχεδιασμό και προγραμματισμό έργων υποδομής και
- Η διάνοιξη οδών με χαμηλές τεχνικές προδιαγραφές

Οι κύριες πιέσεις που εντείνουν τα πρόβλημα των πλημμυρών είναι, οι κλιματικές αλλαγές (υγρή-ξηρή περίοδος), οι αλλαγές των χρήσεων γης (καλλιέργειες, δασικές εκτάσεις κ.λπ.), η αστικοποίηση και η αυξανόμενη δόμηση (στεγανοποίηση της γης) και η κατασκευή τεχνικών έργων χωρίς περιβαλλοντικό σχεδιασμό.

Οι παράγοντες που ρυθμίζουν τις ακρότατες τιμές των πλημμυρικών παροχών είναι η ένταση της βροχόπτωσης και η διάρκειά της, το εμβαδόν και το γεωμετρικό σχήμα της λεκάνης απορροής, η γεωλογική σύσταση και η μορφολογία της περιοχής, η επέμβαση του ανθρώπου με διάφορα έργα (διευθετήσεις ποταμο-χειμάρρων, κατασκευή φραγμάτων, οδικών αξόνων, γεφυρών, τεχνητών τάφρων κ.λπ.) αλλά και το είδος βλάστησης και οι καλλιέργειες της περιοχής.

1.5. Δεδομένα και απαραίτητο υλικό

Στο παρόν κεφάλαιο περιγράφονται όλα τα δεδομένα που χρησιμοποιήθηκαν για την εκπόνηση της παρούσας εργασίας. Αρχικά απαριθμούνται τα χαρτογραφικά και άλλα δεδομένα που χρησιμοποιήθηκαν, ενώ στη συνέχεια αναφέρονται τα λογισμικά που απαιτήθηκαν για την επεξεργασία και την ανάλυση των δεδομένων αυτών.

1.5.1. Χαρτογραφικά και άλλα δεδομένα

Για την πραγματοποίηση της παρούσας διατριβής ειδικευσης χρησιμοποιήθηκαν τα παρακάτω δεδομένα:

- Ψηφιακό μοντέλο αναγλύφου (digital elevation model, DEM), από τον ιστότοπο της NASA: <http://asterweb.jpl.nasa.gov/gdem.asp>
- Γεωλογικοί χάρτες κλίμακας 1:50.000 του Ινστιτούτου Γεωλογικών και Μεταλλευτικών Ερευνών (Ι.Γ.Μ.Ε.), φύλλα: ΚΑΤΕΡΙΝΗ, ΚΟΛΙΝΔΡΟΣ
- Τοπογραφικοί χάρτες κλίμακας 1:50.000 της Γεωγραφικής Υπηρεσίας Στρατού (Γ.Υ.Σ.), φύλλα: ΚΑΤΕΡΙΝΗ, ΚΟΛΙΝΔΡΟΣ
- Δεδομένα κάλυψης γης του προγράμματος Corine Land Cover 2000 (CLC2000)
- Δεδομένα μορφής Shapefile από το Geodata.gov.gr (όρια δήμων, ιστορικά δεδομένα πλημμυρών κ.λπ.)
- Βροχομετρικά δεδομένα από τρεις βροχομετρικούς σταθμούς
- Διεθνής και Ελληνική βιβλιογραφία (βλέπε βιβλιογραφία)

1.5.2. Λογισμικά

Πρωτεύουσας σημασίας για την παρούσα διατριβή ήταν η χρήση λογισμικού Συστημάτων Γεωγραφικών Πληροφοριών (Geographical Information Systems/GIS) και πιο συγκεκριμένα του ArcGIS (έκδοση ArcInfo 10.2.2), με τα υποπρογράμματά του (ArcMap, ArcCatalog, ArcToolbox) αλλά και τις επιμέρους λειτουργίες και επεκτάσεις τους (Spatial Analyst™, 3D Analyst™). Επίσης, χρησιμοποιήθηκαν εφαρμογές του Microsoft Office™ (Word, Excel, Powerpoint).

1.5.3. Επεξεργασία δεδομένων

Στην παρούσα εργασία αρχικά δημιουργήθηκαν επίπεδα ΣΓΠ ύστερα από τη ψηφιοποίηση δεδομένων των διαθέσιμων θεματικών χαρτών αλλά και από την επεξεργασία του ψηφιακού μοντέλου αναγλύφου (digital elevation model, DEM). Από τους δύο γεωλογικούς χάρτες του ΙΓΜΕ ψηφιοποιήθηκαν οι γεωλογικοί σχηματισμοί της περιοχής μελέτης, ο υδροκρίτης, τα ρήγματα και οι οικισμοί ενώ το υδρογραφικό, το οδικό και το σιδηροδρομικό δίκτυο ψηφιοποιήθηκαν από τους δύο τοπογραφικούς χάρτες. Η κάλυψη γης της εξεταζόμενης περιοχής προήλθε από εικόνα του CORINE LAND COVER 2000.

Στη συνέχεια από το DEM της περιοχής μελέτης εξήχθησαν τα παράγωγα αυτού όπως οι ισοϋψείς καμπύλες, το υψόμετρο, η συσσώρευση ροής, οι κλίσεις του αναγλύφου και οι ζώνες για διάφορες αποστάσεις από το υδρογραφικό δίκτυο. Όλα τα παραπάνω ενσωματώθηκαν σε περιβάλλον ΓΣΠ με τη χρήση του λογισμικού ArcMap.

Όσο αφορά τα βροχομετρικά δεδομένα αυτά συλλέχθηκαν από τους βροχομετρικούς σταθμούς Κούκος, Σαρακατσάνα και Νέα Έφεσσος και αφορούν τις μηνιαίες βροχοπτώσεις σε mm για τα έτη 2009-2013. Τα δεδομένα λήφθηκαν και επεξεργάστηκαν από τον ιστότοπο <http://meddman.agro.auth.gr/?lng=greek>. Από αυτά δημιουργήθηκε ο χάρτης έντασης της βροχής (rainfall intensity) με τη χρήση της μεθοδολογίας Modified Fournier Index (Morgan, 2005, MFI).

2. ΓΕΩΓΡΑΦΙΑ ΤΗΣ ΠΕΡΙΟΧΗΣ

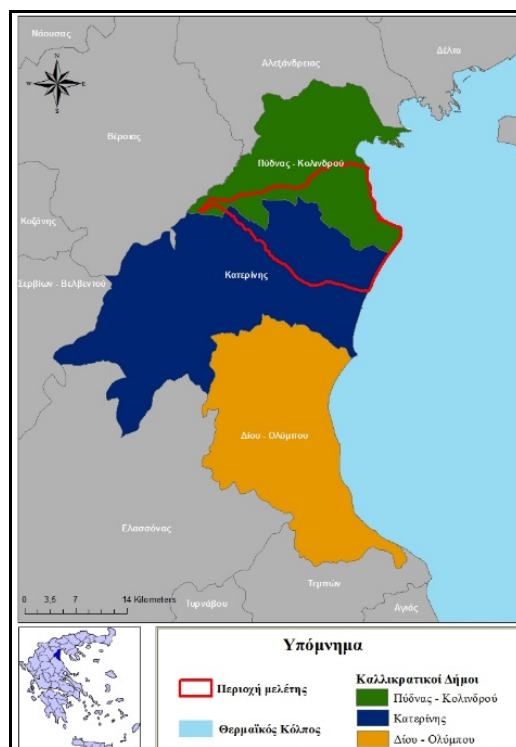
2.1. Γεωγραφική θέση

Η εξεταζόμενη περιοχή βρίσκεται στο νομό Πιερίας που έχει συνολική έκταση 1.516 km² και βρίσκεται στο νότιο τμήμα της Μακεδονίας (Κεντρική Μακεδονία). Ο νομός συνορεύει Βόρεια - Βορειοδυτικά με τον νομό Ημαθίας, Δυτικά με το νομό Κοζάνης και Νότια - Νοτιοδυτικά με το νομό Λαρίσης, ενώ βρέχεται από το Αιγαίο Πέλαγος στις υπόλοιπες διευθύνσεις. Πρωτεύουσα του νομού Πιερίας είναι η Κατερίνη.

Από το 2011 και μέχρι σήμερα, με την εφαρμογή του Προγράμματος Καλλικράτης, ο νομός Πιερίας απαρτίζεται από 3 Δήμους, το Δήμο Δίου - Ολύμπου, Κατερίνης και Πύδνας - Κολινδρού. Η περιοχή μελέτης εκτείνεται τόσο στο Δήμο Κατερίνης όσο και στο δήμο Πύδνας - Κολινδρού (χάρτης 1). Οι γεωγραφικές συντεταγμένες μέσα στις οποίες περικλείεται η περιοχή μελέτης είναι:

A) Βόρειο Γεωγραφικό Πλάτος: 40°21'40,253" - 40°23'4,764"

B) Ανατολικό Γεωγραφικό Μήκος: 22°33'7,745" – 22°36'31,612"



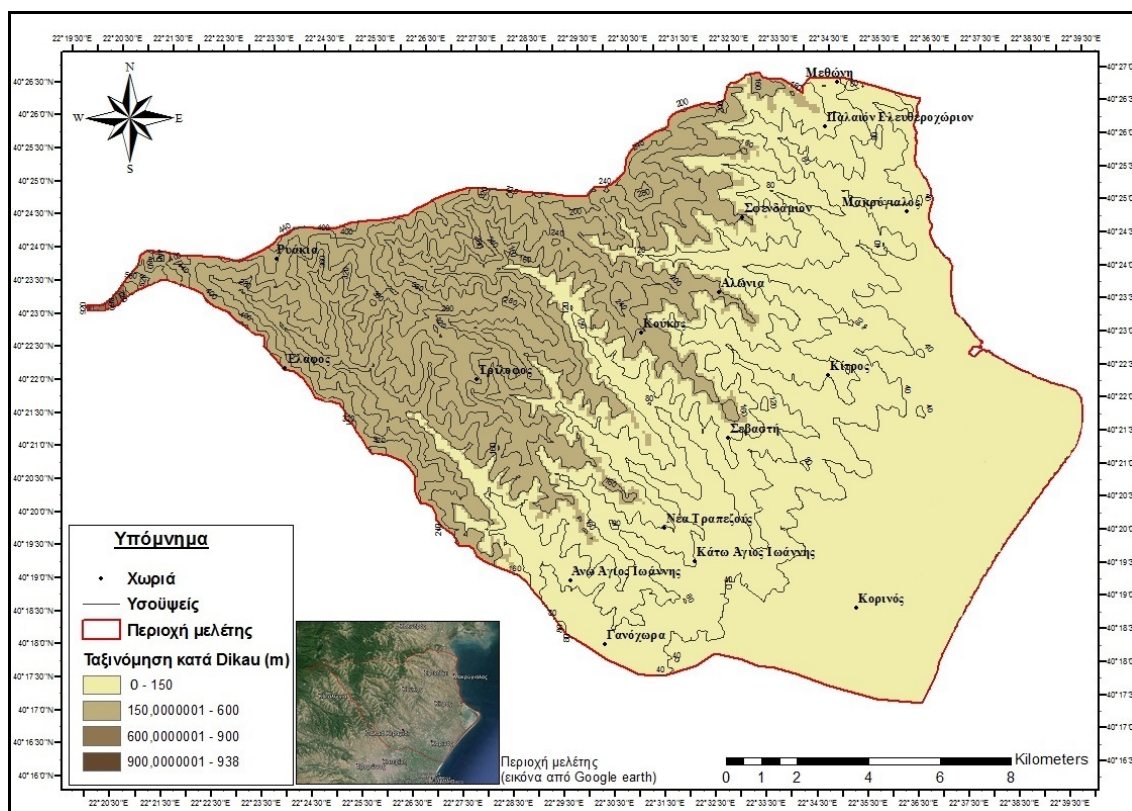
Χάρτης 1: Χάρτης των Καλλικρατικών Δήμων του Νομού Πιερίας και της περιοχής μελέτης

2.2. Μορφολογία της περιοχής μελέτης

Η έκταση της εξεταζόμενης περιοχής είναι 255 km² και η περίμετρος 78 km (χάρτης 2). Το μήκος της ακτής είναι περίπου 22 km. Σύμφωνα με τον Dikau (1989), το ανάγλυφο μπορεί να ταξινομηθεί σε τέσσερις κατηγορίες (πίνακας 1). Όπως φαίνεται στο χάρτη, την μεγαλύτερη έκταση καταλαμβάνουν οι πεδινές περιοχές, δεύτερες σε έκταση είναι οι λοφώδεις και πολύ μικρό κομμάτι της περιοχής καλύπτουν οι ημιορεινές και ορεινές.

Πίνακας 1: Ταξινόμηση του αναγλύφου κατά Dikau (1989)

Ύψος από επιφάνεια θάλασσας	Χαρακτηρισμός
<150	Πεδινές περιοχές
150 – 600	Λοφώδεις περιοχές
600 – 900	Ημιορεινές περιοχές
>900	Ορεινές περιοχές



Χάρτης 2: Χάρτης ανάγλυφου ταξινομημένος κατά Dikau (1989)

Το δυτικό όριο της περιοχής μελέτης είναι οι χαμηλότεροι ορεινοί όγκοι που ανήκουν στα Πιέρια Όρη και από τους οποίους πηγάζουν πολλά μικρά ποτάμια και χειμαρροί, ενώ το ανατολικό όριο της είναι ο Θερμαϊκός Κόλπος. Τα όρη της περιοχής είναι κατάφυτα από δάση. Τα κυριότερα δασικά δέντρα είναι οι οξιές, οι βελανιδιές, τα πεύκα και τα έλατα.

Η ακτογραμμή είναι σχεδόν ευθεία και παρουσιάζει ήπιο ανάγλυφο. Σ' αυτή δεν εμφανίζονται φυσικά λιμάνια, ωστόσο υπάρχει ο Όρμος Μεθώνης, η Σκάλα Αλυκής και η Σκάλα Κορινού για τον αγκυροβολισμό σκαφών. Κάθε χρόνο τους θερινούς μήνες οι παραλίες της Μεθώνης και του Κορινού γεμίζουν από τουρίστες που ενισχύουν σημαντικά την οικονομία της περιοχής που έχει περιθώρια ανάπτυξης θαλάσσιου αλλά και μαζικού τουρισμού. Για το λόγο αυτό ένα ενδεχόμενο πλημμυρικό γεγονός μπορεί να φέρει πλήγμα στην οικονομία αλλά και να κινδυνεύσουν ανθρώπινες ζωές. Η παραλία του Κορινού έχει βραβευτεί με Γαλάζια Σημαία και μια πλημμύρα θα την υπονόμει σημαντικά.

Ιδιαίτερο χαρακτηριστικό της περιοχής μελέτης είναι η ύπαρξη της λιμνοθάλασσας της Αλυκής Κίτρους, συνολικής έκτασης περίπου 15.000 στρεμμάτων, στην οποία παρατηρείται αλληλεπίδραση του γλυκού με το θαλασσινό νερό (εικόνες 1 και 2). Η λιμνοθάλασσα αυτή αποτελεί μεταβατικό υδατικό σύστημα που έχει δημιουργηθεί από τα φερτά υλικά μικρών ρεμάτων και του ποταμού Αλιάκμονα. Οι αλυκές του Κίτρους είναι εγκαταστάσεις παραγωγής άλατος και βρίσκονται σε απόσταση 5 χιλιομέτρων από αυτόν. Η συνολική τους έκταση είναι γύρω στα 10.000 στρέμματα και κατέχουν την 5η θέση στην Ελλάδα σε παραγωγή αλατιού, παραγωγή που φτάνει τους 40.000 τόνους το χρόνο και διαρκεί από το Μάρτιο ως τον Οκτώβριο. Σε περίπτωση καταστροφής τους από μια πλημμύρα το οικονομικό και κοινωνικό πλήγμα θα ήταν μεγάλο για την ευρύτερη περιοχή.

Οι αμμοθίνες είναι το ιδιαίτερο χαρακτηριστικό της λιμνοθάλασσας του Κίτρους και αποτελεί τη μεγαλύτερη σε πλάτος και έκταση περιοχή με τέτοια βλάστηση στη Βόρεια Ελλάδα. Σ' αυτή έχουν παρατηρηθεί διάφορα είδη πουλιών, αμφίβιων, φιδιών, σαυρών και χελωνών αρκετά από τα οποία είναι διεθνούς σημασίας για αυτό και σε εφαρμογή της Οδηγίας 92/43/ΕΟΚ, η Αλυκή Κίτρους εντάχθηκε στο Ευρωπαϊκό Οικολογικό Δίκτυο «ΦΥΣΗ 2000» (NATURA 2000), με κωδικό GR 1250004, γεγονός που καθιστά απαραίτητη την προστασία της από φυσικές και ανθρώπινες καταστροφές.



Εικόνα 1: Αεροφωτογραφία των αλυκών Κίτρους από diasporic.org



Εικόνα 2: Δορυφορική εικόνα των αλυκών Κίτρους από google.gr/maps

2.3. Πληθυσμός και οικονομία

Η περιοχή μελέτης, όπως προαναφέρθηκε, εκτείνεται τόσο στο Δήμο Κατερίνης όσο και στο δήμο Πύδνας - Κολινδρού. Κατά τη δεκαετία του 60', η μετανάστευση κάλυψε τη φυσική αύξηση του πληθυσμού. Ο Δήμος Κατερίνης αριθμούσε 85.851 κατοίκους κατά την απογραφή του 2011 και 83.387 το 2001, παρατηρείται δηλαδή μια αύξηση της τάξης του 2,95%. Ο Δήμος Πύδνας - Κολινδρού είχε πληθυσμό 15.179 κατοίκους κατά την απογραφή του 2011 και 17.153 κατοίκους το 2001, παρατηρείται δηλαδή μια μείωση της τάξης του 11,51%. Γενικότερα η Περιφερειακή Ενότητα Πιερίας παρουσιάζει αύξηση πληθυσμού, από το 2001 έως το 2011, 1%. Περισσότερα στοιχεία για τη μεταβολή του πληθυσμού της ευρύτερης περιοχής παρουσιάζονται στον παρακάτω πίνακα:

Πίνακας 2: Αριθμητική και ποσοστιαία μεταβολή του πληθυσμού της ευρύτερης περιοχής

Διοικητική Διάρθρωση	2001	2011	Ποσοστιαία Μεταβολή
Υδατικό Διαμέρισμα 09	589.525	574.911	-2,47%
ΛΑΠ Αλιάκμονα	553.200	539.991	-2,39%
Υπολεκάνη Πεδιάδα Κατερίνης	111.176	118.182	0,86%
Υπολεκάνη Περ. Τάφρου	152.479	148.471	-2,63%

Ο πληθυσμός αυτός, λόγω της μορφολογίας της περιοχής, ασχολείται κατά κύριο λόγο με την καλλιέργεια της γης. Έτσι η οικονομία της περιοχής βασίζεται στον πρωτογενή τομέα. Σ' αυτή καλλιεργούνται σημαντικά γεωργικά προϊόντα, όπως δημητριακά, κτηνοτροφικά φυτά, βαμβάκι, ελαιόλαδο, ακτινίδια (με ονομασία προέλευσης, ακτινίδια Κατερίνης), καπνό κ.ά. Ιδιαίτερης σημασίας για την περιοχή είναι η παραγωγή καπνών καθώς στο σύνολό της η Πιερία είναι η δεύτερη καπνοπαραγωγός περιοχή της χώρας, με 12% της συνολικής παραγωγής, με πρώτη την Αιτωλοακαρνανία. Αναπτυγμένη είναι και η κτηνοτροφία. Η βιομηχανία είναι ανύπαρκτη, ενώ η αλιεία αποδίδει χάρη στον Θερμαϊκό Κόλπο, που είναι ένας πλούσιος ψαρότοπος. Συγκεκριμένα στο Μακρύγialo υπάρχουν μονάδες υδατοκαλλιεργειών με αχινούς, γυαλιστερές, στρείδια, χτένια κ.ά. Τα βασικότερα προϊόντα που παράγονται ανά περιοχή παρουσιάζονται στον πίνακα 3.

Πίνακας 3: Τα βασικότερα προϊόντα που παράγονται ανά περιοχή

Μακρόγυαλος	Κάτω Αη Γιάννης	Γανόχωρα	Μεθώνη	Παλαιό Ελευθεροχώριο	Κίτρος
σιτηρά	ακτινίδια	βρόμη	ελιές	καπνά	καπνά
ελαιόλαδο	βερίκοκα	καπνά	βαμβάκι	σιτηρά	ακτινίδια
	ροδάκινα	ακτινίδια		βαμβάκι	
		αμπέλια			
Σεβαστή	Παλαιοστάνη	Σφενδάμιο	Αλώνια	Σεβαστή	Τρίλοφος
καπνά	καπνά	καπνά	καπνά	καπνά	καπνά
αμπέλια		ελιές		αμπέλια	
		σιτηρά			

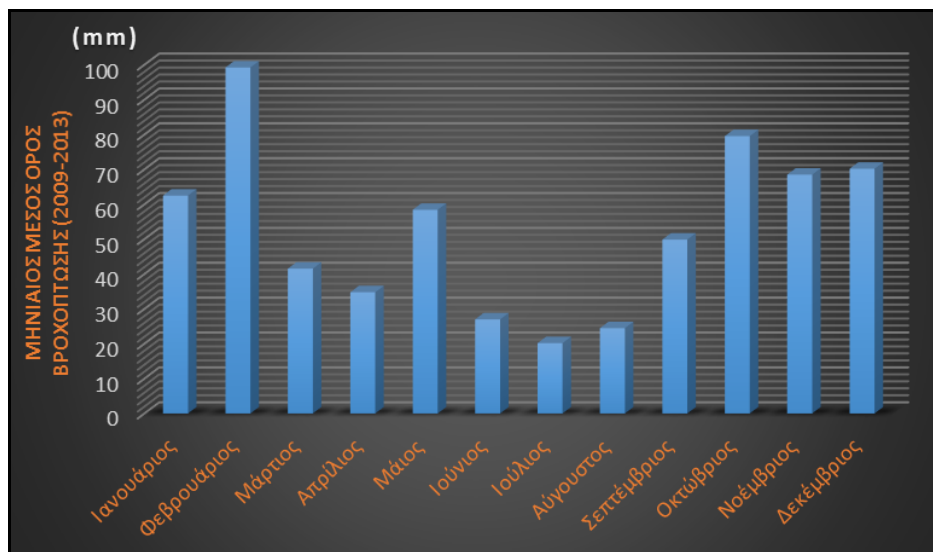
2.4. Κλίμα

Η γεωγραφική θέση και το ανάγλυφο της περιοχής μελέτης, που όπως προαναφέρθηκε παρουσιάζει ποικιλομορφία, συμβάλλουν στη μεγάλη κλιματική ποικιλία της. Το κλίμα στις ορεινές περιοχές είναι ηπειρωτικό με θερμά καλοκαίρια και ψυχρούς χειμώνες. Το κλίμα του πεδινού τμήματος της περιοχής μελέτης, με την ευνοϊκή επίδραση της θάλασσας από ανατολικά και την προστασία του ορεινού τείχους από την άλλη πλευρά, είναι σχετικά ήπιο. Στη παράκτια περιοχή το κλίμα είναι θαλάσσιο.

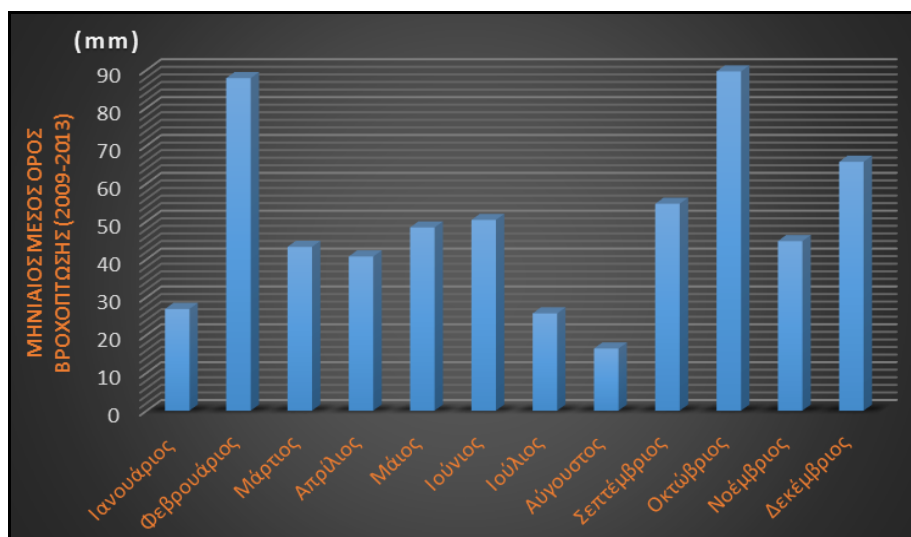
Το μέσο ετήσιο ύψος βροχής μπορεί να φτάσει και τα 1.000 mm, ενώ στα ορεινά τμήματα ξεπερνάει τα 1.200 mm. Στη παρούσα μελέτη χρησιμοποιήθηκαν δεδομένα βροχόπτωσης (βλ. κεφάλαιο 10) από τους σταθμούς Νέα Έφεσσος, Κούκος και Σαρακατσάνα (βλ. κεφάλαιο 6.7), για τα έτη 2009-2013. Ο μηνιαίος μέσος όρος των βροχοπτώσεων των σταθμών αυτών, για την προαναφερθείσα πενταετία, παρουσιάζεται στα σχήματα 1-3. Όσο αφορά τις χιονοπτώσεις, αυτές είναι αρκετά συνηθισμένες κατά το διάστημα Νοεμβρίου – Απριλίου. Η μέση ετήσια θερμοκρασία της ευρύτερης περιοχής κυμαίνεται μεταξύ 14,5 και 17,0 °C, με ψυχρότερο μήνα τον Ιανουάριο και θερμότερο τον Ιούλιο.

Γενικά, στην ευρύτερη περιοχή μελέτης το κλίμα χαρακτηρίζεται ως μεταβατικό μεταξύ του Ηπειρωτικού κλίματος της Κεντρικής Ευρώπης και του Μεσογειακού κλίματος. Το γενικό μέσο κλίμα της περιοχής μελέτης χαρακτηρίζεται από ήπιο σχετικά καλοκαίρι με θερμοκρασίες της τάξεως των 25 °C και ψυχρό χειμώνα με θερμοκρασίες κοντά στους 8 °C (Καταφιώτη, 2008).

Το κλίμα όπως και οι μακροπρόθεσμες επιδράσεις της αλλαγής του κλίματος επηρεάζουν σημαντικά τη συχνότητα εμφάνισης πλημμυρικών συμβάντων. Οι μέχρι και σήμερα διαθέσιμες υδρομετεωρολογικές αναλύσεις και μελέτες καταγράφουν μεγάλες αβεβαιότητες στις προβλέψεις που αφορούν την επίδραση της κλιματικής αλλαγής. Παρά το γεγονός ότι τα τελευταία χρόνια παρατηρείται σημαντική αύξηση των καταστροφών από πλημμύρες, τα αίτια φαίνεται να οφείλονται περισσότερο στην αύξηση της έκθεσης των ανθρώπων και των περιουσιών στις πλημμύρες.



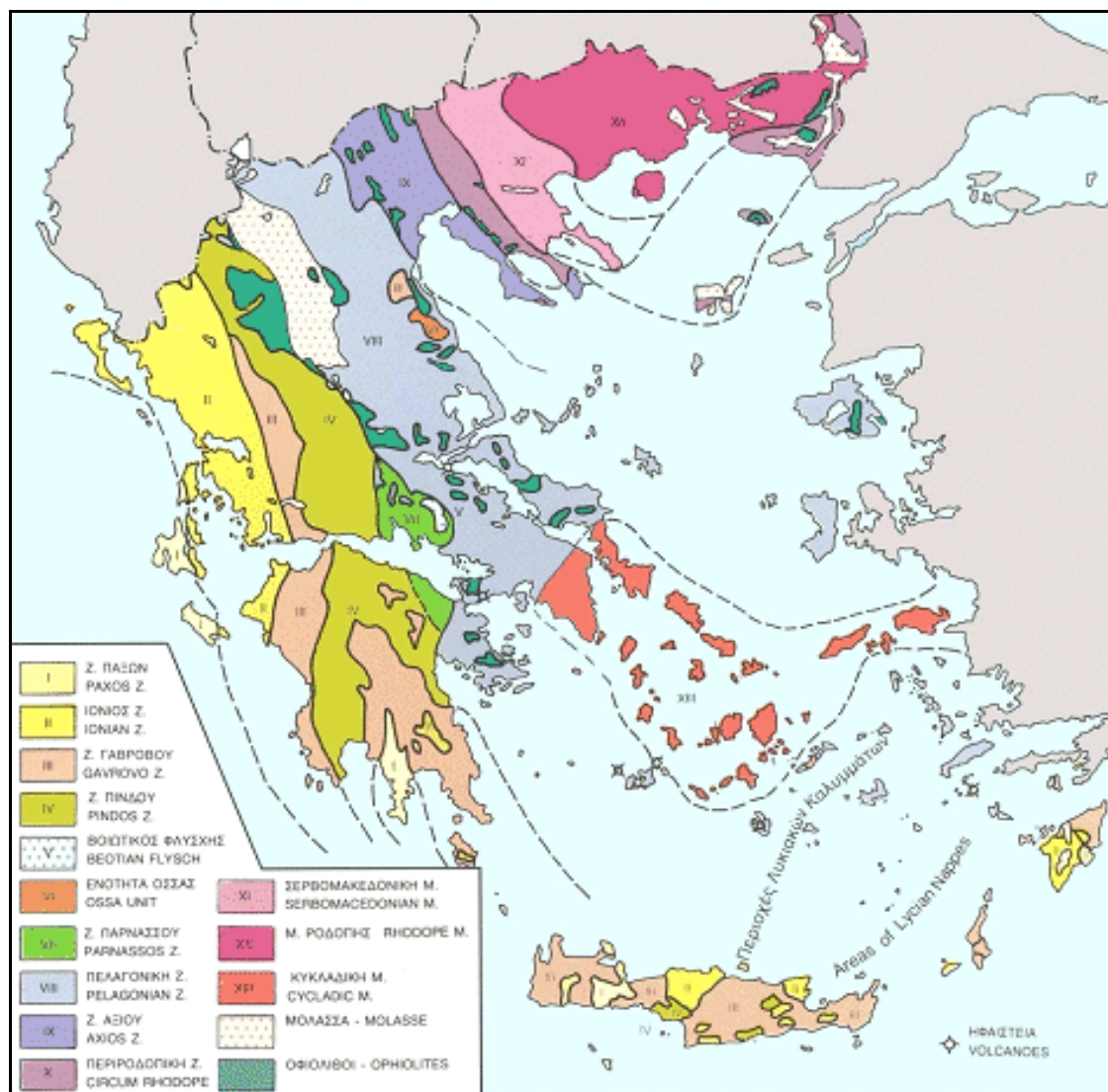
Σχήμα 1: Ραβδόγραμμα μηνιαίου μέσου όρου βροχόπτωσης για τα έτη 2009-2013
(βροχομετρικός σταθμός Νέα Έφεσος)



Σχήμα 3: Ραβδόγραμμα μηνιαίου μέσου όρου βροχόπτωσης για τα έτη 2009-2013
(βροχομετρικός σταθμός Σαρακατσάνα)

3. ΓΕΩΛΟΓΙΑ ΤΗΣ ΕΥΡΥΤΕΡΗΣ ΠΕΡΙΟΧΗΣ

Η περιοχή μελέτης, με βάση τις σύγχρονες αντιλήψεις, ανήκει στις Εσωτερικές Ελληνίδες Ζώνες και συγκεκριμένα στη Γεωτεκτονική Ζώνη Αξιού, γνωστή στη διεθνή βιβλιογραφία και ως «Ζώνη Vardar» (Μουντράκης 2010). Η εξεταζόμενη περιοχή βρίσκεται στο δυτικό τμήμα της Ζώνης Αξιού δηλαδή στην Υποζώνη Αλμωπιάς (χάρτης 3). Βασικό χαρακτηριστικό της Ζώνης Αξιού είναι οι μεγάλες οφιολιθικές μάζες που την καθορίζει σαν παλιό ωκεάνιο χώρο με ωκεάνιο φλοιό και ιζήματα βαθιάς θάλασσας στη διάρκεια του Μεσοζωικού.



Χάρτης 3: Γεωτεκτονικές ζώνες της Ελλάδας (www.orykta.gr)

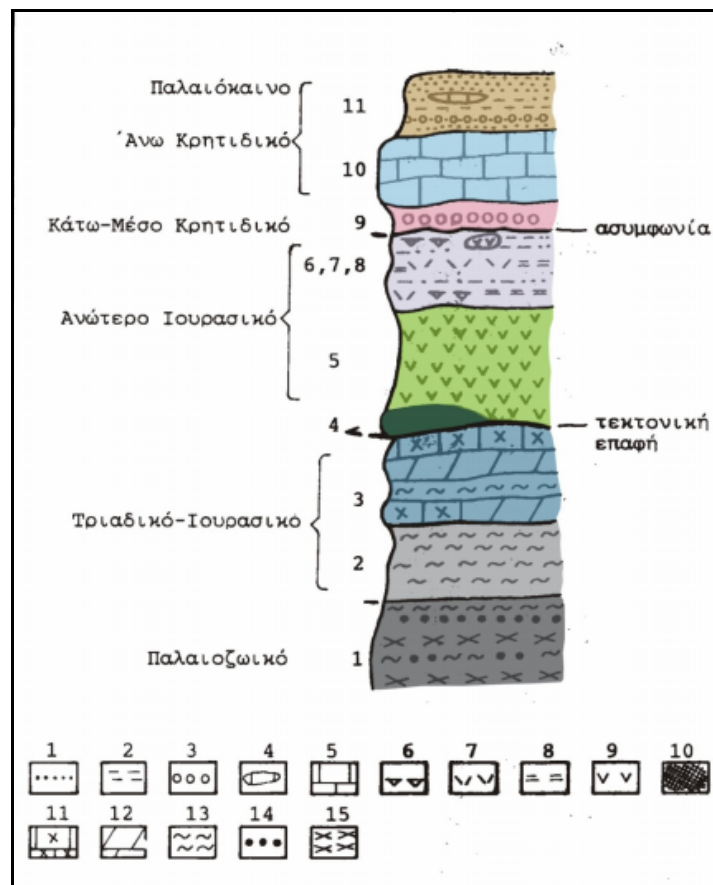
3.1. Παλαιογεωγραφική και γεωτεκτονική θέση της Υποζώνης Αλμωπίας

Ο πρώτος χαρακτηρισμός της Υποζώνης Αλμωπίας, ως μια αύλακα που στα Ανατολικά της είχε το ύβωμα του Πάικου και στα Δυτικά της το ύβωμα της Πελαγονικής, έγινε από τον Mercier το 1966, με βάση τα παλαιογεωγραφικά κριτήρια. Ωστόσο η σημερινή αντίληψη είναι ότι αποτελεί το δυτικότερο τμήμα του παλιού ωκεανού της Τηθύος, θεωρώντας ως Τηθύ, με την ευρύτερη έννοια, τη ζώνη Αξιού. Επίσης χαρακτηρίζεται ως το ανατολικό ηπειρωτικό περιθώριο της Πελαγονικής στο οποίο πραγματοποιήθηκε η εξ' ανατολάς επώθηση των οφειολίθων και των ιζημάτων βαθιάς θάλασσας της Τηθύος.

Η Αλμωπία αποτελείται κυρίως από οφιολιθικά πετρώματα που συνοδεύονται από ιζήματα βαθιάς θάλασσας, από ιζήματα επίκλυσης Άνω Κρητιδικής ηλικίας, καθώς και από μεταμορφωμένα πετρώματα που αποτέθηκαν πριν τα οφιολιθικά και ανήκαν στο ηπειρωτικό περιθώριο της Πελαγονικής Ζώνης. Όλα τα παραπάνω εμφανίζονται ως τεκτονικά λείπια που επιπλεύουν ή επωθούνται, από τα Ανατολικά προς τα Δυτικά, το ένα πάνω στο άλλο και όλα μαζί επωθούνται προς τα Δυτικά πάνω στη Πελαγονική. Έτσι, λόγω της λεπιοειδούς τεκτονικής της περιοχής, τα πετρώματα της Υποζώνης Αλμωπίας, εμφανίζονται σε συνεχείς επαναλήψεις σχηματίζοντας λείπια μικρής έκτασης αλλά και μεγάλες που είναι χιλιομετρικής κλίμακας.

3.2. Λιθοστρωματογραφική εξέλιξη της Υποζώνης Αλμωπίας

Οι σχηματισμοί που αποτελούν την υποζώνη Αλμωπίας εμφανίζουν αρκετές διαφορές από τη μια περιοχή στην άλλη, οι οποίες αντανακλούν πιθανές παλαιογεωγραφικές διαφορές των ενοτήτων. Παρ' όλες τις διαφορές αυτές οι βασικοί σχηματισμοί συνοψίζονται στην παρακάτω λιθοστρωματογραφική στήλη από τους βαθύτερους ορίζοντες προς τους νεότερους:



Σχήμα 4: Συνοπτική λιθοστρωματογραφική στήλη της υποζώνης Αλμωπίας. 1: ψαμμίτες, 2: αργιλοί σχιστόλιθοι, 3: κροκαλοπαγή και άλλα κλαστικά ιζήματα, 4: φακοί ασβεστολίθων, 5: ασβεστόλιθοι, 6: κερατόλιθοι, 7: ηφαιστειακά υλικά, 8: τόφφοι και ηφαιστειοκλαστικά, 9: οφιόλιθοι, 10: οφιολιθικά μίγματα, 11: μάρμαρα και κρυσταλλικοί ασβεστόλιθοι, 12: δολομίτες, 13: σχιστόλιθοι, 14: αμφιβολίτες, 15: γνεύσιοι (Μουντράκης 2010)

-Α1 1. Στη βόρεια ενότητα Πέτερνικ εμφανίζεται μια σειρά από ισχυρά μεταμορφωμένα πετρώματα δηλαδή οφθαλμοειδών γνευσίων και αμφιβολιτών και στην ανώτερη των εναλλαγών μεταξύ χαλαζιτών, αμφιβολιτικών σχιστολίθων, μαρμαρυγιικών σχιστολίθων και χλωριτικών σχιστολίθων. Η σειρά αυτή έχει ηλικία Παλαιοζωική και ανήκει στο υπόβαθρο του Πελαγονικού ηπειρωτικού περιθωρίου, στο οποίο επωθήθηκαν τα ωκεάνια ιζήματα και οι οφιόλιθοι της ζώνης Αξιού.

-Α1 2. Ο αμέσως επόμενος ορίζοντας περιλαμβάνει μια σειρά μεταμορφωμένων πετρωμάτων με εναλλαγές ασβεστιτικών, χλωριτικών, σερικιτικών σχιστολίθων, φυλλιτών, μαρμάρων και σιπολίνων που παρουσιάζουν συνεχείς λεπιώσεις. Εμφανίζεται στην

ενότητα των Λουτρών Πόζαρ και στην Πέτερνικ. Η ηλικία της σειράς είναι Τριαδική έως ίσως Ιουρασική και ανήκει στο προ-οφιολιθικό υπόβαθρο του Πελαγονικού περιθωρίου.

-ΑΙ 3. Ακολουθεί ένας ορίζοντας με μεταμορφωμένα ανθρακικά πετρώματα, μάρμαρα, κρυσταλλικούς ασβεστόλιθους και δολομίτες με παρεμβολές σχιστολίθων που εμφανίζονται μαζί με την παραπάνω σειρά και συνιστούν μαζί με αυτή την ιζηματογένεση Τριαδικού – Ιουρασικού.

-ΑΙ 4. Με τεκτονική τοποθέτηση πάνω στον προηγούμενο ορίζοντα βρίσκεται ένας σχηματισμός «οφιολιθικών μιγμάτων» που αποτελεί τη βάση των οφιολιθικών μαζών που επωθήθηκαν. Εμφανίζεται σαν μεγαλολατυποπαγές με τεράστιες ή μικρές τεκτονικές λατύπες από μάρμαρα ή κρυσταλλοσχιτώδη πετρώματα που βρίσκονται μέσα σε ένα υλικό σχιστοποιημένο οφιολιθικό ή πρασινιτικό ή παλαιών βασικών τόφφων. Η ηλικία του σχηματισμού αυτού είναι Άνω Ιουρασική και εμφανίζεται σε πολλές ενότητες της Αλμωπίας.

-ΑΙ 5. Ο σπουδαιότερος σχηματισμός της Αλμωπίας είναι οι οφιόλιθοι που εμφανίζονται σε όλες σχεδόν τις ενότητες με μεγάλες μάζες. Αποτελούνται από σερπεντινίτες, βασικές λάβες, δολερίτες και συνιστούν υπόλειμμα μιας μεγαλύτερης Ιουρασικής οφιολιθικής ακολουθίας.

-ΑΙ 6,7,8. Πάνω από τους οφιόλιθους ή συμπτυχωμένες με αυτούς βρίσκονται ορισμένες ιζηματογενείς (6), ηφαιστειοϊζηματογενείς (7) και κλαστικές σειρές (8). Οι σειρές αυτές περιλαμβάνουν κυρίως ιζήματα βαθιάς θάλασσας ραδιολαριτικούς κερατόλιθους, αργίλους, αργιλικούς σχιστόλιθους μαύρους - κόκκινους - πράσινους, ψαμμίτες πολλές φορές σιδηρούχους, πελαγικούς ασβεστόλιθους, και ασβεστιτικούς σχιστόλιθους σε εναλλαγές. Η ηλικία τοποθέτησης είναι Άνω Ιουρασική.

-ΑΙ 9. Η ιζηματογένεση της Μέσο - Άνω Κρητιδικής επίκλυσης στην Αλμωπία αρχίζει συνήθως με την απόθεση ενός κροκαλοπαγούς βάσης που η ακριβής ηλικία του ποικίλει στις διάφορες ενότητες στο Άπτιο - Άλβιο - Κενομάνιο - Τουρώνιο του Κρητιδικού.

-ΑΙ 10. Προς τα πάνω η επικλυσιογενής ιζηματογένεση συνεχίζεται με την απόθεση τυπικού ασβεστολιθικού ορίζοντα του Άνω Κρητιδικού (Σενώνιο). Είναι ασβεστόλιθοι τεφροί και μαύροι, μερικές φορές ψαμμιτοειδείς ή κροκαλοπαγείς.

-ΑΙ 11. Ο τελευταίος αλπικός σχηματισμός είναι ο φλύσχης που έχει ηλικία Άνω Μαιστριχτίου (Ανώτερο Κρητιδικό) - Κάτω Παλαιόκαινου και συνίσταται από ψαμμίτες, ψαμμιτικούς ασβεστόλιθους, ασβεστοσχιστόλιθους και κροκαλοπαγή.

Οι δυτικές ενότητες της Προαλμωπίας περιέχουν γενικά περισσότερα κλαστικά ιζήματα από τις μεσαίες και ανατολικές ενότητες. Πιο συγκεκριμένα έχουν πολλά χονδρά κροκαλοπαγή-λατυποπαγή ενώ προς τα ανατολικά οι αντίστοιχες σειρές περιέχουν πιο λεπτές λιθολογικές φάσεις.

Από τα παραπάνω προέκυψε το συμπέρασμα ότι η Αλμωπία εξελίχθηκε από δύση προς ανατολή σε βαθύτερη θάλασσα με πιο βαθιά σύμφωνα με τις φάσεις ιζηματογένεσης στις ανατολικές ενότητες ενώ στις δυτικές ήταν η κατωφέρεια του ηπειρωτικού τεμάχους της Πελαγονικής.

Όλοι οι Αλπικοί σχηματισμοί της Αλμωπίας μέχρι την Μέσο – Άνω Κρητιδική επίκλυση είναι μεταμορφωμένοι κάτω από συνθήκες πρασινοσχιστολιθικής φάσης. Τα ιζήματα του Μέσου – Άνω Κρητιδικού δεν παρουσιάζουν μεταμόρφωση. Η μεταμόρφωση τοποθετείται στην ορογενετική περίοδο Άνω Ιουρασικού – Κάτω Κρητιδικού.

3.3. Τεκτονική δομή της Αλμωπίας

Βασικό τεκτονικό στοιχείο της ζώνης Αλμωπίας είναι η τεκτονική τοποθέτηση των οφιολίθων και των συνοδών ωκεάνιων ιζημάτων της Τηθύος πάνω στο ανατολικό ηπειρωτικό περιθώριο του Πελαγονικού τεμάχους κατά το Άνω Ιουρασικό. Το τεκτονικό αυτό κάλυμμα ονομάζεται «Ηωελληνικό κάλυμμα» και οδήγησε στο σχηματισμό των οφιολιθικών μιγμάτων στο πέλμα των επωθημένων οφιολιθικών μαζών. Η παραπάνω επώθηση είχε ως αποτέλεσμα την πτύχωση των σχηματισμών. Οι πτυχές που δημιουργήθηκαν είναι ισοκλινείς-υποϊσοκλινείς με αξονική διεύθυνση ΒΔ και απόκλιση προς τα Δ, ΝΔ.

Λόγω αυτής της δομής η ζώνη της Αλμωπίας θεωρείται ότι είναι η δυτική περιοχή της ωκεάνιας λεκάνης του Αξιού αλλά και ο χώρος στον οποίο αποτέθηκαν οι οφιολίθοι στο ηπειρωτικό περιθώριο.

Κατά το Κάτω Κρητιδικό, το ηπειρωτικό περιθώριο μαζί με τους επωθημένους οφιολίθους, αναδύθηκε και χέρσευσε. Στο Μέσο-Άνω Κρητιδικό ακολούθησε επίκλυση

της θάλασσας που οδήγησε στην απόθεση επικλυσιγενών ιζημάτων (σχηματισμοί ΑΙ 9, 10, 11).

Κατά το Τριτογενές πραγματοποιήθηκε δεύτερη μεγάλη επώθηση από την Αλμωπία προς την Πελαγονική ζώνη. Η ηπειρωτική αυτή σύγκρουση δημιούργησε τα τεκτονικά λέπια της Αλμωπίας, με τη συμμετοχή Άνω Κρητιδικών στρωμάτων, που επωθήθηκαν προς τα δυτικά πάνω στην Πελαγονική.

Στη συνέχεια, μετά το Ολόκαινο, ακολούθησε το εφελκυστικό στάδιο που δημιούργησε επιμήκη κανονικά ρήγματα με διεύθυνση ΒΔ-ΝΑ.

Τα εγκάρσια ρήγματα έχουν διεύθυνση ΒΑ-ΝΔ ή Α-Δ και αρκετά από αυτά έχουν μήκος πολλών χιλιομέτρων. Αυτά είναι συνδεδεμένα με τις τελικές πτυχώσεις που έλαβαν χώρα στην ζώνη Αλμωπίας και λειτούργησαν ως ρήγματα οριζόντιας μετατόπισης μεγάλου μήκους και μεγάλης τεκτονικής σημασίας.

3.4. Γεωλογία και γεωλογικά χαρακτηριστικά της περιοχής έρευνας

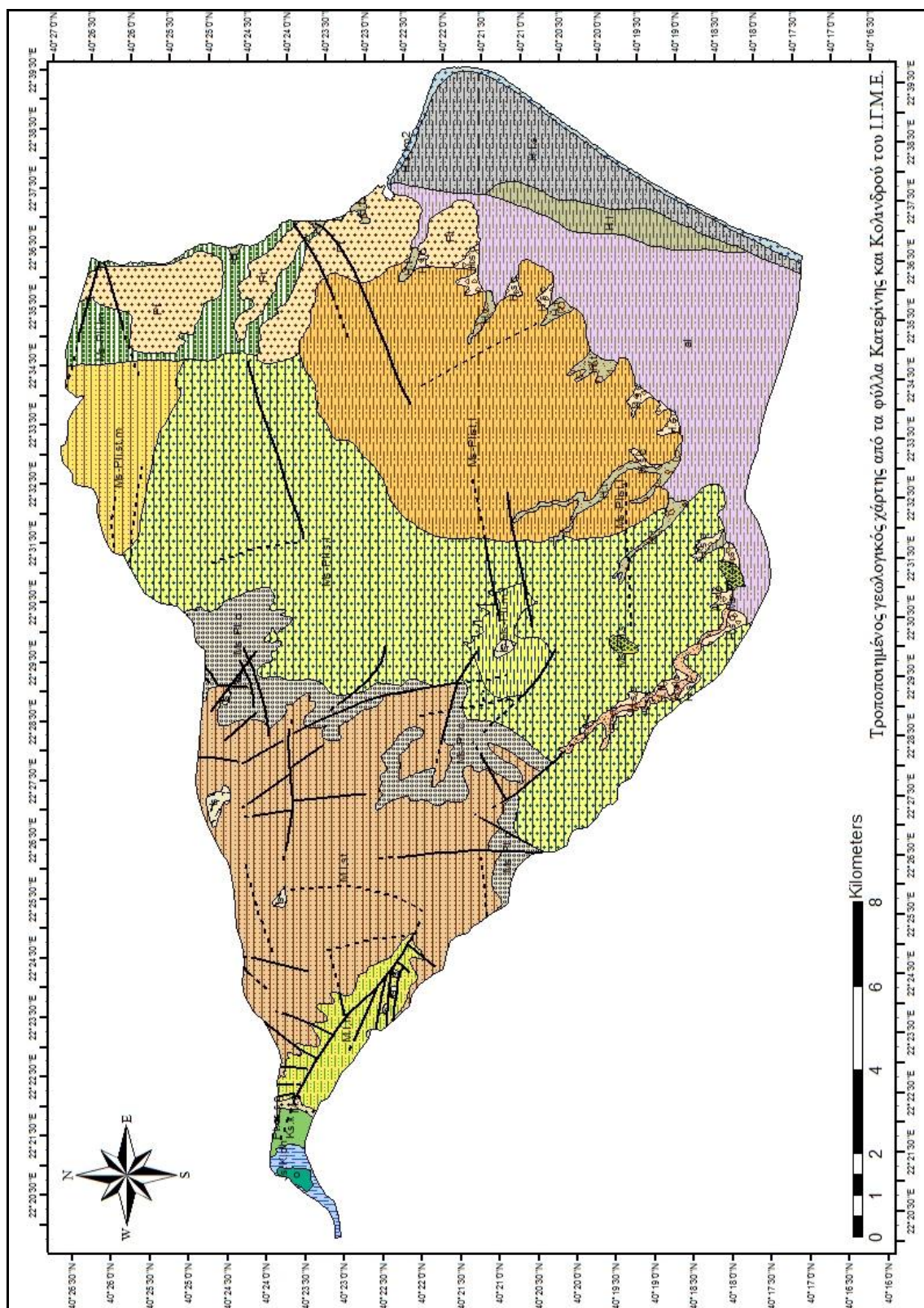
Όπως προαναφέρθηκε, η περιοχή μελέτης αποτελεί τμήμα της πεδιάδας της Κατερίνης και ανήκει στη Ζώνη Αξιού και συγκεκριμένα στην Υποζώνη Αλμωπίας. Η πεδιάδα της Κατερίνης αποτελείται από Νεογενείς και Τεταρτογενείς αποθέσεις. Τα Τεταρτογενή ιζήματα είναι αλλουβιακές αποθέσεις με άμμους, πηλούς, κροκάλες και αργίλους. Τα Νεογενή αποτελούνται από άμμους, πηλούς, αργίλους, μάργες, ψαμμίτες, και κροκαλοπαγή. Το πιο ορεινό τμήμα της περιοχής αποτελείται κυρίως από πετρώματα της ζώνης Αλμωπίας, όπως ασβεστόλιθους και τη φλυσχοφυλλιτική σειρά και ανήκει στα Πιέρια Όρη (χάρτης 5).

Όσο αφορά την τεκτονική της ευρύτερης περιοχής, εμφανίζονται δύο κύρια συστήματα ρηγμάτων με διευθύνσεις ΒΑ-ΝΔ και ΒΒΔ-ΝΝΑ, αλλά και ένα τρίτο σύστημα ρηγμάτων με μέση διεύθυνση περίπου Α-Δ.

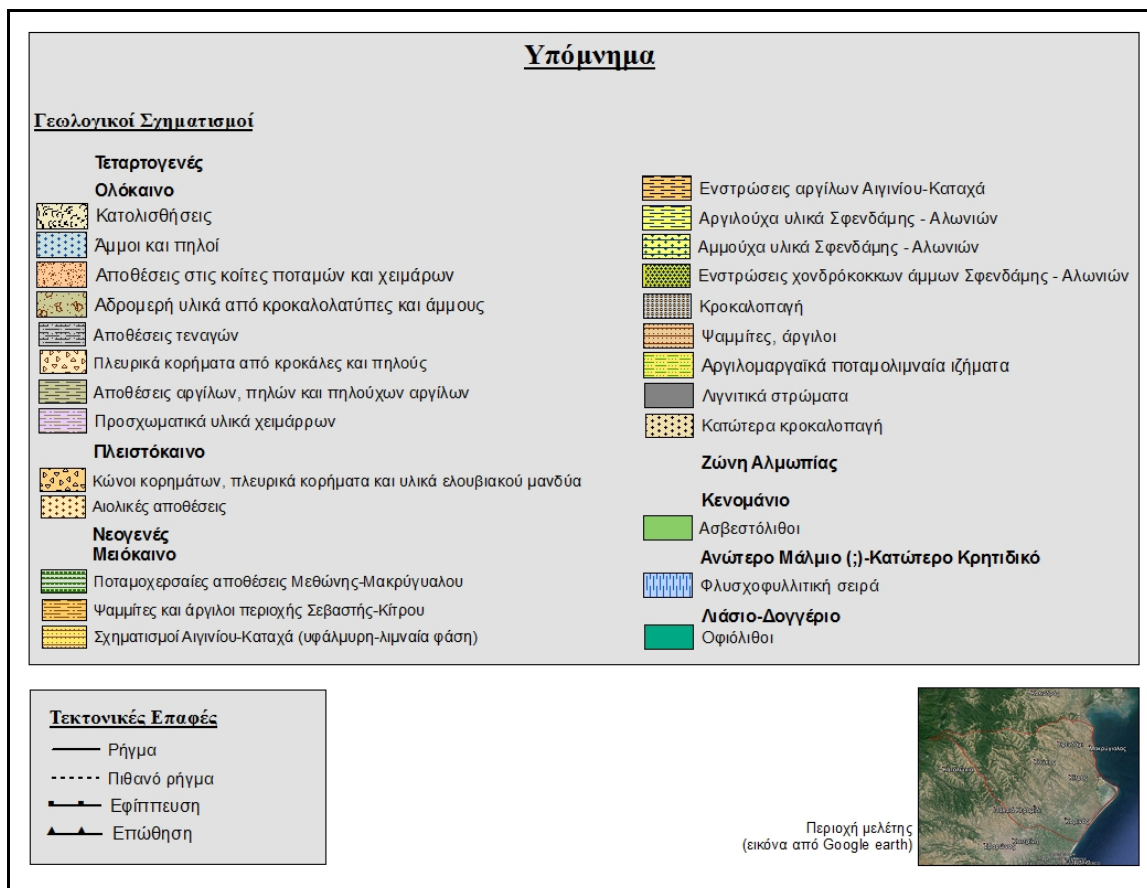
Πιο συγκεκριμένα η λεκάνη που θα εξεταστεί, σύμφωνα με τους γεωλογικούς χάρτες κλίμακας 1:50.000 που εκδόθηκαν από το ΙΓΜΕ (φύλλα ΚΑΤΕΡΙΝΗΣ και ΚΟΛΙΝΔΡΟΥ), στην περιοχή μελέτης συναντώνται οι ακόλουθοι γεωλογικοί σχηματισμοί:

Πίνακας 4: Γεωλογικοί σχηματισμοί της περιοχής μελέτης

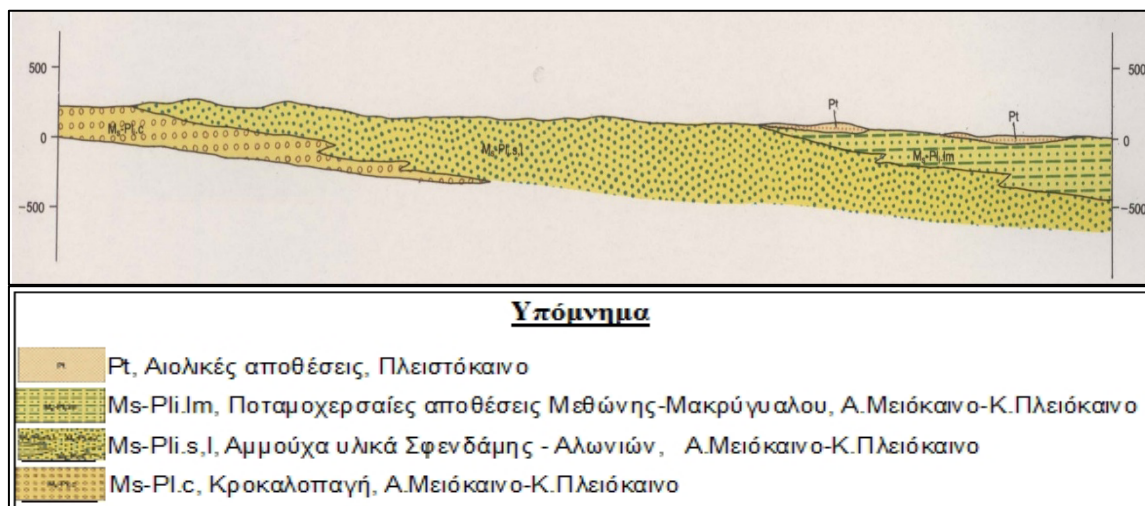
Συντομογραφία	Γεωλογικός Σχηματισμός	Ηλικία
ls	Κατολισθήσεις	Ολόκαινο
H.s,lm₂	Άμμοι και πηλοί	Ολόκαινο
H.fl	Αποθέσεις στις κοίτες ποταμών και χειμάρρων	Ολόκαινο
H.t	Αδρομερή υλικά από κροκαλοατύπες και άμμους	Ολόκαινο
H.l,s	Αποθέσεις τεναγών	Ολόκαινο
H.sc	Πλευρικά κορήματα από κροκάλες και πηλούς	Ολόκαινο
H.l	Αποθέσεις αργίλων, πηλών και πηλούχων αργίλων	Ολόκαινο
al	Προσχωματικά υλικά χειμάρρων	Ολόκαινο
Pt	Αιολικές αποθέσεις	Πλειστόκαινο
Pt.cs,sc	Κώνοι κορημάτων, πλευρικά κορήματα και υλικά ελουβιακού μανδύα	Πλειστόκαινο
M_s-Pl_i.lm	Ποταμοχερσαίες αποθέσεις Μεθώνης-Μακρύγυαλου	Α.Μειόκαινο-Κ.Πλειόκαινο
M_s-Pl_i.st,l	Ψαμμίτες και άργιλοι περιοχής Σεβαστής-Κίτρου	Α.Μειόκαινο-Κ.Πλειόκαινο
M_s-Pl_i.st,m	Σχηματισμοί Αιγινίου-Καταχή (υφάλμυρη-λιμναία φάση)	Α.Μειόκαινο-Κ.Πλειόκαινο
M_s-Pl_i.l	Ενστρώσεις αργίλων Αιγινίου-Καταχή	Α.Μειόκαινο-Κ.Πλειόκαινο
M_s-Pl_i.m,l	Αργιλούχα υλικά Σφενδάμης - Αλωνιών	Α.Μειόκαινο-Κ.Πλειόκαινο
M_s-Pl_i.s,l	Αμμούχα υλικά Σφενδάμης - Αλωνιών	Α.Μειόκαινο-Κ.Πλειόκαινο
M_s-Pl_i.s	Ενστρώσεις χονδρόκοκκων άμμων Σφενδάμης - Αλωνιών	Α.Μειόκαινο-Κ.Πλειόκαινο
M_s-Pl.c	Κροκαλοπαγή	Α.Μειόκαινο-Κ.Πλειόκαινο
M.l,st	Ψαμμίτες, άργιλοι	Μειόκαινο
M.l,m	Αργιλομαργαϊκά ποταμολιμναία ιζήματα	Μειόκαινο
L	Λιγνιτικά στρώματα	Μειόκαινο
M.c	Κατώτερα Κροκαλοπαγή	Μειόκαινο
K_s.k	Ασβεστόλιθοι	Κενομάνιο
J_s-K_i.ph	Φλυσχοφυλλιτική σειρά	Α.Μάλμιο-Κ.Κρητιδικό
o	Οφιόλιθοι	Λιάσιο-Δογγέριο



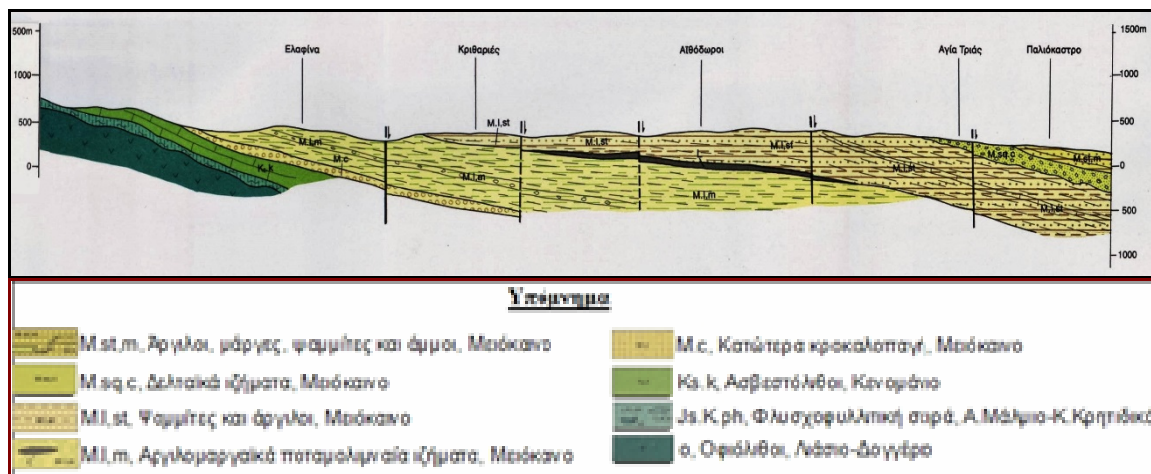
Χάρτης 4: Γεωλογικός χάρτης και υπόμνημα περιοχής μελέτης



Χάρτης 4 (συνέχεια): Υπόμνημα



Σχήμα 5: Αντιπροσωπευτική τομή από τα ιζήματα της πεδιάδας Κατερίνης



Σχήμα 6: Αντιπροσωπευτική τομή από τα Νεογενή ιζήματα της πεδιάδας Κατερίνης και τα κρυσταλλικά πετρώματα της ζώνης Αλμωπίας

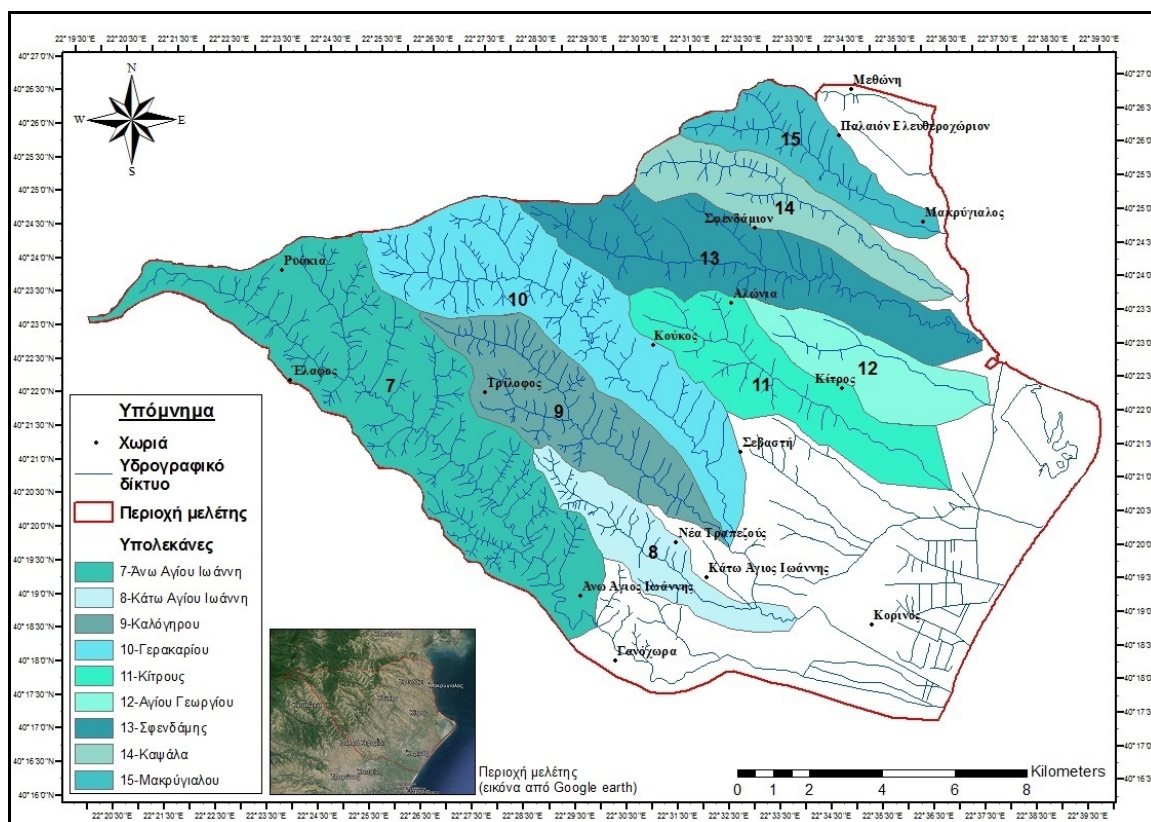
4. ΥΔΡΟΓΕΩΛΟΓΙΚΑ ΣΤΟΙΧΕΙΑ

4.1. Γενικά

Η περιοχή μελέτης ανήκει στο Υδατικό Διαμέρισμα Δυτικής Μακεδονίας (ΥΔ09) που εντοπίζεται στο ΒΔ τμήμα της χώρας και η έκτασή του είναι 13.624 km². Σύμφωνα με το Άρθρο 2 (παρ.13) της Οδηγίας 2000/60/ΕΚ, ως Λεκάνη Απορροής Ποταμού (ΛΑΠ) ορίζεται: «η εδαφική έκταση από την οποία συγκεντρώνεται το σύνολο της απορροής μέσω διαδοχικών ρευμάτων, ποταμών και πιθανώς λιμνών και παροχέτευεται στη θάλασσα με ενιαίο στόμιο ποταμού, εκβολές ή δέλτα». Η περιοχή μελέτης ανήκει στη ΛΑΠ Αλιάκμονα (GR02) με έκταση 12.410 km². Η ΛΑΠ Αλιάκμονα διακρίνεται σε τέσσερις επιμέρους υδρολογικές υπολεκάνες: του Αλιάκμονα, της Κλειστής Λεκάνης Πτολεμαΐδας, της Περιφερειακής Τάφρου και της Πεδιάδας Κατερίνης, στην οποία και θα γίνει η παρούσα εργασία. Η Πεδιάδα Κατερίνης αναπτύσσεται στο ΝΑ άκρο του ΥΔ09 και αποτελείται από πολλές σχετικά μικρές υδρολογικές λεκάνες. Ωστόσο η περιοχή μελέτης χωρίζεται σε 9 υπολεκάνες (Παυλίδης κ. άλ., 2004) όπως φαίνεται στο χάρτη 5.

Πίνακας 4: Υπολεκάνες περιοχής μελέτης, η έκταση και το μέσο υψόμετρο τους

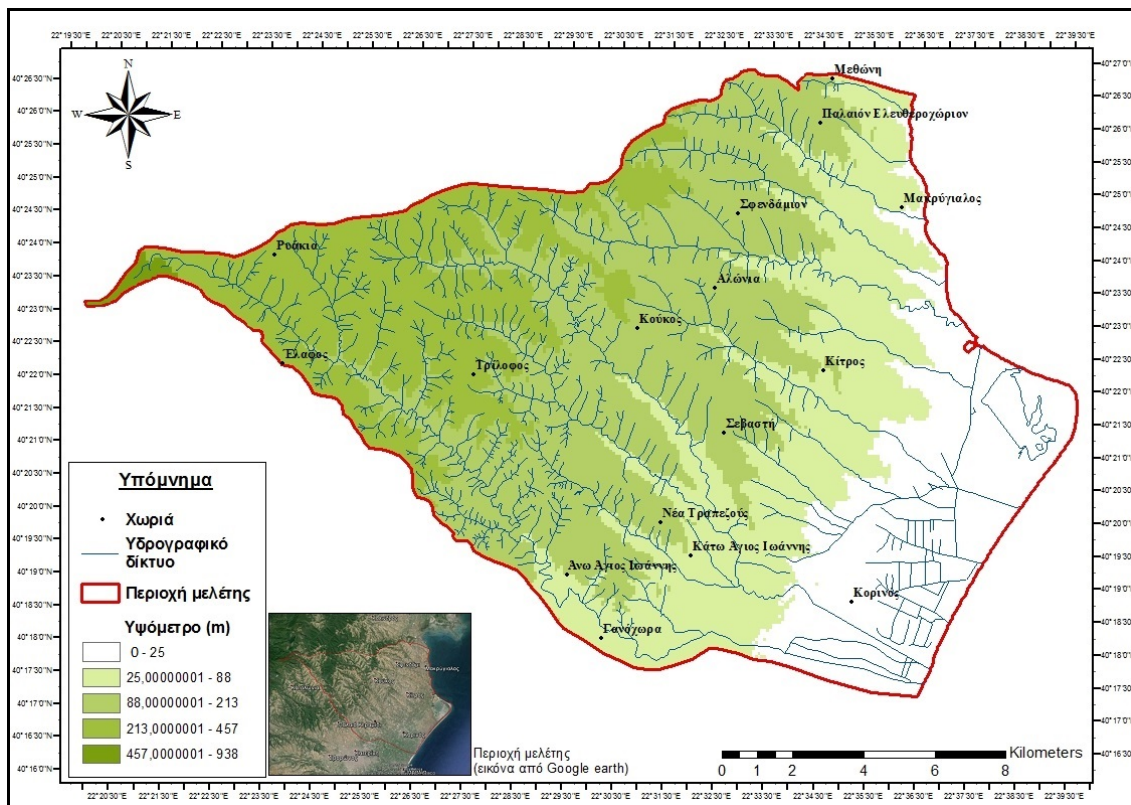
Υπολεκάνη	Επιφάνεια (km ²)	Μέσο υψόμετρο (m)
Άνω Αγίου Ιωάννη	43,2	330
Κάτω Αγίου Ιωάννη	10,12	108
Καλόγηρος	15,16	209
Γερακάρι	30,14	217
Κίτρους	18,31	161
Αγίου Γεωργίου	8,11	74
Σφενδάμης	22,94	182
Καψάλα	10,82	174
Μακρύγαλου	11,02	145



Χάρτης 5: Υπολεκάνες περιοχής μελέτης

Εκτός όμως από το προσδιορισμό της λεκάνης απορροής της περιοχής σημαντικός είναι και ο προσδιορισμός του υδρογραφικού δικτύου για την μελέτη των πλημμυρικών φαινομένων, δηλαδή του συνόλου των επιφανειακών ρευμάτων νερού τα οποία συνδέονται μεταξύ τους με καθορισμένο τρόπο και δραστηριοποιούνται αποστραγγίζοντας τη λεκάνη απορροής (Σωτηριάδης και Ψιλοβίκος, 1984).

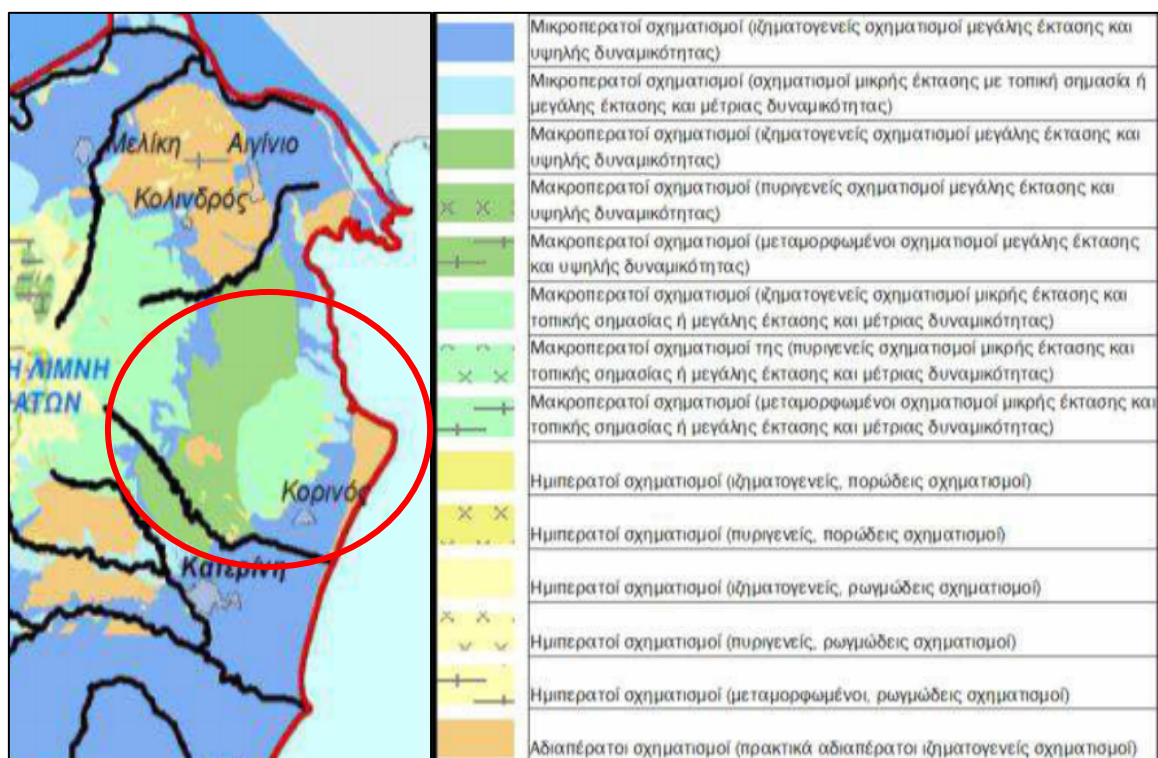
Τα υδάτινα ρεύματα διακρίνονται γενικά σε δύο κατηγορίες, τους ποταμούς και τους χειμάρρους. Οι ποταμοί έχουν μεγάλη λεκάνη απορροής ($>1500 \text{ km}^2$), πλατιά κοίτη, μεγάλη συνεχή και σχετικά σταθερή παροχή και δημιουργούν παρατεταμένες πλημμύρες. Οι χείμαρροι από την άλλη, ρέουν σε πολύ μικρές κοιλάδες και χαράδρες, έχουν μικρή λεκάνη απορροής (ορεινή λεκάνη ως 300 km^2), μικρή σχετικά υδατοπαροχή και συχνά μηδενική ενώ δημιουργούν αιφνίδιες και σύντομες πλημμύρες (Σαπουντζής 2006). Στην περιοχή μελέτης υπάρχουν μόνο χείμαρροι, άλλοι μεγαλύτεροι και άλλοι μικρότεροι. Όσο αφορά την περιοχή μελέτης, το υδρογραφικό της δίκτυο έχει δενδριτική μορφή, σύμφωνα με την ταξινόμηση του Howard (1967) από Αστάρια (1997) (χάρ-



	1970	1980	1990	2000	2006
Population	10,000	10,000	10,000	10,000	10,000
GDP	10,000	10,000	10,000	10,000	10,000
Unemployment rate	10%	10%	10%	10%	10%
Inflation rate	10%	10%	10%	10%	10%
Interest rate	10%	10%	10%	10%	10%
Government expenditure	10%	10%	10%	10%	10%
Tax revenue	10%	10%	10%	10%	10%
Fiscal deficit	10%	10%	10%	10%	10%
Public debt	10%	10%	10%	10%	10%
Foreign debt	10%	10%	10%	10%	10%
Current account balance	10%	10%	10%	10%	10%
Trade balance	10%	10%	10%	10%	10%
Balance of payments	10%	10%	10%	10%	10%
Reserve assets	10%	10%	10%	10%	10%
Monetary base	10%	10%	10%	10%	10%
M1	10%	10%	10%	10%	10%
M2	10%	10%	10%	10%	10%
M3	10%	10%	10%	10%	10%
Credit growth	10%	10%	10%	10%	10%
Money velocity	10%	10%	10%	10%	10%
Real GDP growth	10%	10%	10%	10%	10%
Consumer price index	10%	10%	10%	10%	10%
Producer price index	10%	10%	10%	10%	10%
Wholesale price index	10%	10%	10%	10%	10%
Retail price index	10%	10%	10%	10%	10%
Industrial production index	10%	10%	10%	10%	10%
Manufacturing output index	10%	10%	10%	10%	10%
Construction output index	10%	10%	10%	10%	10%
Services output index	10%	10%	10%	10%	10%
Agriculture output index	10%	10%	10%	10%	10%
Energy output index	10%	10%	10%	10%	10%
Transportation output index	10%	10%	10%	10%	10%
Information output index	10%	10%	10%	10%	10%
Healthcare output index	10%	10%	10%	10%	10%
Educational output index	10%	10%	10%	10%	10%
Government services output index	10%	10%	10%	10%	10%
Non-government services output index	10%	10%	10%	10%	10%
Private sector output index	10%	10%	10%	10%	10%
Public sector output index	10%	10%	10%	10%	10%
Total output index	10%	10%	10%	10%	10%
Household consumption index	10%	10%	10%	10%	10%
Government consumption index	10%	10%	10%	10%	10%
Investment index	10%	10%	10%	10%	10%
Export index	10%	10%	10%	10%	10%
Import index	10%	10%	10%	10%	10%
Net exports index	10%	10%	10%	10%	10%
Capital formation index	10%	10%	10%	10%	10%
Savings index	10%	10%	10%	10%	10%
Consumption index	10%	10%	10%	10%	10%
Government savings index	10%	10%	10%	10%	10%
Private savings index	10%	10%	10%	10%	10%
Investment savings index	10%	10%	10%	10%	10%
Consumption savings index	10%	10%	10%	10%	10%
Government consumption savings index	10%	10%	10%	10%	10%
Private consumption savings index	10%	10%	10%	10%	10%
Investment consumption savings index	10%	10%	10%	10%	10%
Consumption investment savings index	10%	10%	10%	10%	10%
Government investment savings index	10%	10%	10%	10%	10%
Private investment savings index	10%	10%	10%	10%	10%
Investment investment savings index	10%	10%	10%	10%	10%
Consumption investment investment savings index	10%	10%	10%	10%	10%
Government consumption investment savings index	10%	10%	10%	10%	10%
Private consumption investment savings index	10%	10%	10%	10%	10%
Investment consumption investment savings index	10%	10%	10%	10%	10%
Consumption investment investment investment savings index	10%	10%	10%	10%	10%
Government consumption investment investment savings index	10%	10%	10%	10%	10%
Private consumption investment investment savings index	10%	10%	10%	10%	10%
Investment consumption investment investment savings index	10%	10%	10%	10%	10%
Consumption investment investment investment investment savings index	10%	10%	10%	10%	10%
Government consumption investment investment investment savings index	10%	10%	10%	10%	10%
Private consumption investment investment investment savings index	10%	10%	10%	10%	10%
Investment consumption investment investment investment savings index	10%	10%	10%	10%	10%
Consumption investment investment investment investment investment savings index	10%	10%	10%	10%	10%
Government consumption investment investment investment investment savings index	10%	10%	10%	10%	10%
Private consumption investment investment investment investment savings index	10%	10%	10%	10%	10%
Investment consumption investment investment investment investment savings index	10%	10%	10%	10%	10%
Consumption investment investment investment investment investment investment savings index	10%	10%	10%	10%	10%
Government consumption investment investment investment investment investment savings index	10%	10%	10%	10%	10%
Private consumption investment investment investment investment investment savings index	10%	10%	10%	10%	10%
Investment consumption investment investment investment investment investment savings index	10%	10%			

διώρυγας, μεταβατικά ύδατα ή ένα τμήμα παράκτιων υδάτων (Άρθρο 2, παράγραφος 1). Ο κύριος σκοπός του καθορισμού Υδάτινων σωμάτων είναι να καταστήσει δυνατή την ακριβή περιγραφή και σύγκριση της κατάστασής τους με τους περιβαλλοντικούς στόχους. Στην περιοχή μελέτης συναντώνται ποτάμια και ρέματα που με βάση την τυπολογία της Οδηγίας 2000/60/EK είναι Υδάτινα Σώματα τύπου NsL1, δηλαδή μικρής απορροής, με χαμηλό υψόμετρο και μεγάλη κλίση. Στην κατηγορία των μεταβατικών υδάτων, δηλαδή αυτών που βρίσκονται πλησίον του στομίου ποταμών και είναι εν μέρει αλμυρά λόγω της γειτνίασής τους με παράκτια ύδατα, ανήκει η Λιμνοθάλασσα Κίτρους, τύπος TW-1 με βάση την τυπολογία, που έχει έκταση 4,5 km². Παράκτια ύδατα είναι τα επιφανειακά ύδατα που βρίσκονται στην πλευρά της ξηράς μίας γραμμής της οποίας βρίσκεται σε απόσταση ενός ναυτικού μιλίου προς τη θάλασσα από το πλησιέστερο σημείο της γραμμής βάσης από την οποία μετράται το εύρος των χωρικών υδάτων και τα οποία κατά περίπτωση εκτείνονται μέχρι του απώτερου ορίου των μεταβατικών υδάτων. Στα παράκτια ύδατα ανήκει η Ακτή Κατερίνης, τύπος C1, τμήμα της οποίας βρίσκεται και στην περιοχή μελέτης.

Όσο αφορά τα Υπόγεια Υδατικά Συστήματα, το κριτήριο διαχωρισμού τους είναι η υδρολιθολογική συμπεριφορά των σχηματισμών που φιλοξενούν τις υπόγειες υδροφορίες. Κύριο Υπόγεια Σώμα στη περιοχή μελέτης είναι το κοκκώδες σύστημα Κατερίνης (Πέλεκας, Κορινός) / Κολινδρού (Μαυρονέρι, Πέλεκας). Κοκκώδη συστήματα υπογείων υδάτων, είναι τα συστήματα στα οποία η κυκλοφορία του υπόγειου νερού γίνεται μέσω του πρωτογενούς πορώδους (πορώδες κόκκων). Περιλαμβάνονται εδώ οι υπόγειες υδροφορίες που φιλοξενούνται στις σύγχρονες και νεογενείς αποθέσεις των πεδινών και λοφωδών εκτάσεων. Δευτερεύοντα Υπόγεια Υδατικά Συστήματα είναι το ρωγμώδες σύστημα Πιερίων (Πέλεκας, Μαυρονέρι, Λάκκος) και Αλμωπίας (Μαυροπόταμος). Στα ρωγματώδη συστήματα υπογείων υδάτων η κυκλοφορία του υπόγειου νερού γίνεται μέσω του δευτερογενούς πορώδους (ρωγμές, διακλάσεις, τεκτονισμένες ζώνες κ.λπ.). Περιλαμβάνονται εδώ οι ασθενείς υπόγειες υδροφορίες τοπικού χαρακτήρα που φιλοξενούνται στο μανδύα αποσάθρωσης και στις ζώνες τεκτονισμού των στρωμάτων του φλύσχη κυρίως των ορεινών όγκων (χάρτης 7).



Χάρτης 7: Υδρολιθολογικός χάρτης από wfd.ypeka.gr με κυκλωμένη την περιοχή μελέτης

5. ΙΣΤΟΡΙΚΗ ΑΝΑΔΡΟΜΗ ΠΛΗΜΜΥΡΙΚΩΝ ΦΑΙΝΟΜΕΝΩΝ ΣΤΗΝ ΠΕΡΙΟΧΗ ΜΕΛΕΤΗΣ

Στην Ελλάδα, από την αρχαιότητα έως και σήμερα, οι πλημμύρες, ειδικά οι ξαφνικές, είναι συχνά φαινόμενα, με μεγάλη διασπορά και με καταστροφικές επιπτώσεις. Στο θέμα των πλημμυρών, εισάγεται συχνά ως παράγοντας και το στοιχείο του «ιστορικού», με αποτέλεσμα πιο ευάλωτες να υποδεικνύονται κυρίως περιοχές που στο παρελθόν έχουν εκδηλωθεί τέτοια φαινόμενα. Ακόμα όμως είναι δύσκολη η διάκριση του ποια φαινόμενα είναι καταρχήν φυσικά και πότε ο ανθρώπινος παράγοντας έχει παίξει σημαντικό ρόλο. Ένα «βεβαρυμμένο» ιστορικό, μπορεί να οφείλεται σε μεγάλο βαθμό στον ανθρώπινο παράγοντα. Τα πλημμυρικά γεγονότα στις σύγχρονες αστικές περιοχές φαίνεται να αυξάνονται, ενώ οι κύριες αιτίες είναι οι ακόλουθες:

- Ο περιορισμός της κοίτης των ρευμάτων στις οικιστικές περιοχές λόγω ανεξέλεγκτης δόμησης ή απόρριψης αδρανών υλικών
- Η καταστροφή των δασών από τις πυρκαγιές και η αποψίλωσή τους
- Η μείωση της κατείσδυσης και η παράλληλη αύξηση της επιφανειακής απορροής λόγω της κάλυψης της επιφάνειας της λεκάνης απορροής από την αστικοποίηση
- Η άστοχη κατασκευή αντιπλημμυρικών έργων

Ωστόσο, στον ευρύτερο χώρο της λεκάνης απορροής υφίστανται και ένα σύνολο άλλων παραγόντων που έχουν σχέση με την εκδήλωση ή όχι των πλημμυρών, όπως η παρουσία πετρωμάτων με αυξημένη περατότητα, οι μορφολογικές κλίσεις και η κατανομή τους, ο βαθμός ανάπτυξης του υδρογραφικού δικτύου και το είδος του, κ.ά. Από πρόσφατες έρευνες σε περιοχές πρότυπα, διαπιστώθηκε ότι σε κάθε λεκάνη απορροής συνυπάρχουν μεν ορισμένοι παράγοντες, αλλά για την εκδήλωση πλημμυρών ένας από όλους παίζει το σημαντικότερο ρόλο και καλείται κρίσιμος παράγοντας. Ακόμα και σε γειτονικές λεκάνες απορροής με τα ίδια περίπου χαρακτηριστικά διαπιστώνεται ότι ο κρίσιμος παράγοντας είναι διαφορετικός και η άρση του, εφόσον αυτό είναι δυνατόν, απομακρύνει την εμφάνιση ενός φαινομένου πλημμύρας (Λέκκας, 1996).

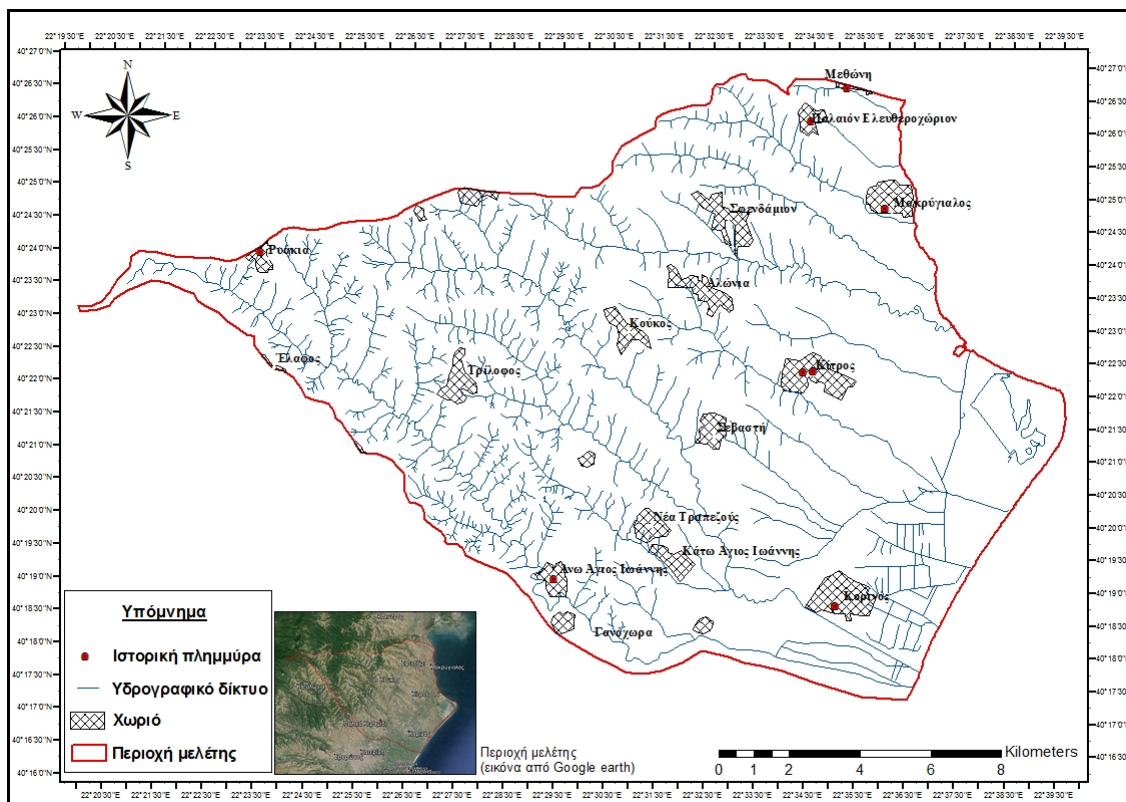
Συγκεκριμένα, σύμφωνα με το τμήμα Πολιτικής Προστασίας της ΠΕ Πιερίας, στην περιοχή μελέτης καταγράφονται πλημμυρικά προβλήματα στους παρακάτω Δήμους και Δημοτικά Διαμερίσματα:

- ΔΔ Άνω Αγ. Ιωάννου, Δήμου Κατερίνης
- ΔΔ Ρυακίων, Δήμου Κολινδρού
- ΔΔ Μακρυγιάλου, Δήμου Μεθώνης
- ΔΔ Παλαιού Ελευθεροχωρίου, Δήμου Μεθώνης
- ΔΔ Κίτρου, Δήμου Πύδνας
- Δήμος Ελαφίνας
- Δήμος Μεθώνης

Στον παρακάτω πίνακα παρουσιάζονται αναλυτικά οι ιστορικές πλημμύρες που έλαβαν χώρα στην περιοχή μελέτης από το 1999 έως το 2009 με βάση το ΥΠΕΚΑ:

Πίνακας 5: Ιστορικές πλημμύρες στην περιοχή μελέτης

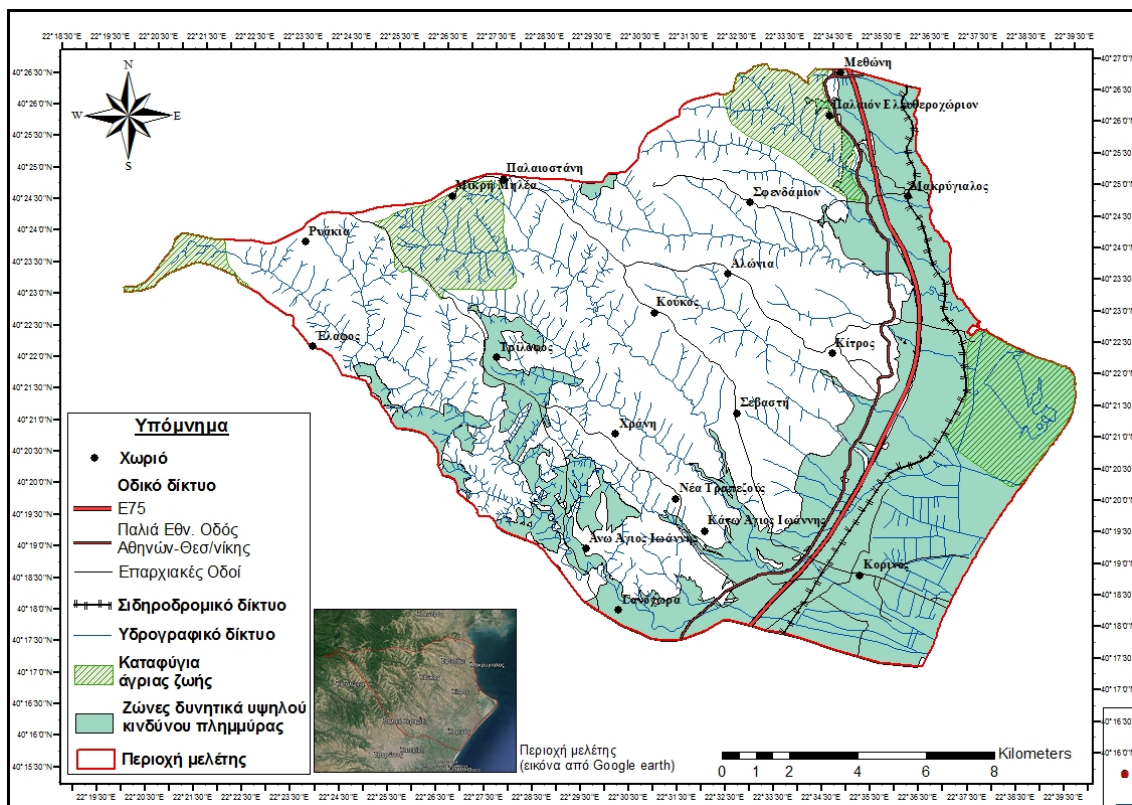
Χρονολογία	Τόπος	Καταστροφές	
30/01/2009	Κορινός	καλλιέργειες	
11/12/2008	Κορινός	ιδιοκτησίες	Σημαντική Πλημμύρα
1999	Κορινός	ιδιοκτησίες	
18/06/2004	Κορινός	ιδιοκτησίες	
2002	Κορινός	ιδιοκτησίες	
2002	Άνω Άγιος Ιωάννης	ιδιοκτησίες	
18/06/2004	Κίτρος	ιδιοκτησίες	
2002	Κίτρος	ιδιοκτησίες	Σημαντική Πλημμύρα
2002	Ρυάκια	ιδιοκτησίες	
18/06/2004	Μακρύγιαλος	ιδιοκτησίες	
2002	Μακρύγιαλος	ιδιοκτησίες	
2002	Παλαιό Ελευθεροχώριο	ιδιοκτησίες	
10/2009	Μεθώνη	ιδιοκτησίες	



Χάρτης 8: Χάρτης ιστορικών πλημμυρών περιοχής μελέτης

Από τη Διεύθυνση Τεχνικών Υπηρεσιών καταγράφονται ενδεικτικά οι παρακάτω ευάλωτες περιοχές, που παρουσιάζονται, μαζί με άλλες, στον χάρτη 9:

- ΔΔ Άνω Αγ. Ιωάννη και Σβορώνου Δήμου Κατερίνης
- ΤΔ, ΔΔ Κορινού του Δήμου Κορινού. Στη Δημοτική Ενότητα Κορινού πλημμυρίζουν οι εκτάσεις νότια του καναλιού του Άη Γιώργη και πάνω (δυτικά από τον παραλιακό δρόμο Κορινού-Παραλίας). Επίσης πλημμυρίζει ο ίδιος δρόμος στο ύψος του Ξενοδοχείου Αναΐς καθώς και ο οικισμός που βρίσκεται κάτω (ανατολικά) από το σημείο του δρόμου μέχρι το πεζοδρόμιο δίπλα στη θάλασσα
- Δήμος Ελαφίνας. Στη Δημοτική Ενότητα Ελαφίνας πλημμυρίζουν τα ρέματα Μοσχοπόταμος (στις διαβάσεις Λαγοράχης-Ρητίνης, Λαγοράχης-Μοσχοχωρίου και Μοσχοποτάμου-Ρητίνης), Βεργιόδρομος (στο ύψος της γέφυρας από Λαγοράχη προς γήπεδο Λαγοράχης), Πέλεκας (στο ύψος του Αρωνά), Παπουτσάρης (στο ύψος του πλατανόδασους – διάβαση Π. Κεραμίδι προς νοσοκομείο)



Χάρτης 9: Χάρτης ζωνών δυνητικά υψηλού κινδύνου πλημμύρας



Εικόνες 3 και 4 : Εικόνες του πλημμυρισμένου οδικού δικτύου στη Μεθώνη το Νοέμβριο του 2013 (από kolindrinamaslatia.blogspot.gr)



Εικόνες 5 και 6 : Εικόνες πλημμυρισμένων περιοχών κοντά στις Αλυκές το Δεκέμβριο του 2014
(από www.youtube.com/user/Dedeisab)

Ένα άλλο σημαντικό στοιχείο για το ιστορικό της περιοχής είναι οι καταγγελίες για τη μη σωστή λειτουργία της αντιπλημμυρικής Περιφερειακής Τάφρου της Κατερίνης που ολοκληρώθηκε πριν από 27 χρόνια περίπου. Θα ήταν φυσιολογικό να γίνεται τακτική συντήρηση και καθαρισμός από την φυσική βλάστηση που θα αναπτύσσονταν ώστε να διατηρείται πάντα στο μέγιστο βαθμό της απόδοσης και αντοχής προκειμένου να επιτελέσει το σκοπό για τον οποίο χρηματοδοτήθηκε και υλοποιήθηκε ως έργο. Η σημερινή εικόνα της όμως δείχνει πως όχι μόνο δεν έχουν τηρηθεί από τις αρμόδιες υπηρεσίες οι βασικοί κανόνες συντήρησης και διατήρησης της απόδοσης αυτού του έργου αλλά αντίθετα αποτελεί ένα επιπλέον κίνδυνο για την περιοχή. Η φυσική βλάστηση αλλά και τόννοι σκουπιδιών έχουν κατακλύσει όλο το μήκος της τάφρου και σε πολλά σημεία την έχουν φράξει εντελώς. Κάθε είδους στερεά και υγρά απόβλητα παρακείμενων επιχειρήσεων, αλλά και μεταφερόμενα από άλλες περιοχές, έχουν επίσης φράξει την τάφρο σε πολλά σημεία (εικόνες 7 και 8). Το έντονο αυτό πρόβλημα εντοπίζεται σε τμήμα της τάφρου από όπου περνούν οι επαρχιακοί δρόμοι για το Νοσοκομείο Κατερίνης, το Παλιό Κεραμίδι και πολλά χωριά της ορεινής Πιερίας που, όπως προαναφέρθηκε, είναι περιοχές ευάλωτες στην εκδήλωση πλημμυρικών φαινομένων.



Εικόνα 7: Εικόνα της αντιπλημμυρικής περιφερειακής τάφρου της Κατερίνης
από pieria-gr.blogspot.gr (2013)



Εικόνα 8: Εικόνα της αντιπλημμυρικής περιφερειακής τάφρου της Κατερίνης
από pieria-gr.blogspot.gr (2013)

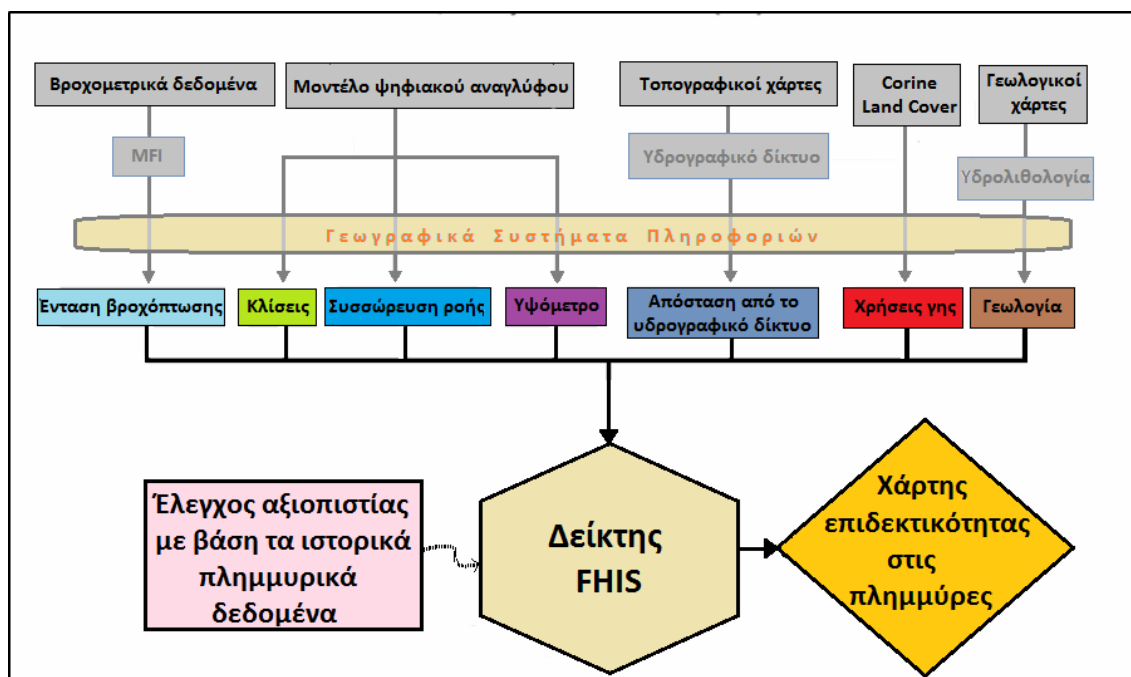
6. ΜΕΘΟΔΟΛΟΓΙΑ -ΕΦΑΡΜΟΓΗ

6.1. Γενικά

Όπως προαναφέρθηκε σκοπός αυτής της διατριβής είναι η δημιουργία ενός χάρτη προσδιορισμού των περιοχών, της εξεταζόμενης λεκάνης, που είναι ευάλωτες στην εκδήλωση πλημμυρικών φαινομένων, δηλαδή η δημιουργία ενός Flood Susceptibility Map (Χάρτης Πλημμυρικής Επιδεκτικότητας). Για τη δημιουργία αυτού του χάρτη, ακολουθήθηκε η μεθοδολογία FIGUSED-S (Kazakis et al., 2015) που επεξεργάζεται πληροφορίες από 7 παράγοντες, στα αρχικά των οποίων οφείλει και την ονομασία της: τη συσσώρευση ροής του επιφανειακού νερού (flow accumulation, F), την ένταση των βροχοπτώσεων (rainfall intensity, I), τους γεωλογικούς σχηματισμούς της περιοχής (geology, G), το είδος των χρήσεων γης (land use, U), την κλίση του αναγλύφου (slope, S), το υψόμετρο (elevation, E) και την απόσταση από το υδρογραφικό δίκτυο (distance from drainage network, D). Οι παράγοντες - παράμετροι αυτοί συνθέτουν αυτό που η μεθοδολογία αναφέρει ως Δείκτη Επικινδυνότητας Πλημμύρας (Flood Hazard Index of the Sensitivity analysis, FHIS). Η χωρική ανάλυση του, με τη βοήθεια του λογισμικού ArcMap, και ο προσδιορισμός των τιμών του ανά περιοχή θα οδηγήσει στη κατασκευή του Χάρτη Πλημμυρικής Επιδεκτικότητας.

Όσο αφορά τη δημιουργία των θεματικών χαρτών, οι κλάσεις των τιμών του χάρτη του υψομέτρου, της συσσώρευσης ροής και της έντασης της βροχής καθορίστηκαν με τη μέθοδο Geometrical Intervals (Γεωμετρικών Διαστημάτων). Αυτή η μέθοδος ταξινόμησης χρησιμοποιείται για την οπτικοποίηση συνεχών δεδομένων που δεν διανέμονται κανονικά και έχει σχεδιαστεί για να λειτουργεί σε δεδομένα που περιέχουν αρκετές επαναλαμβανόμενες τιμές. Αυτά τα Γεωμετρικά Διαστήματα δημιουργούνται από έναν αλγόριθμο που ελαχιστοποιεί το τετραγωνικό άθροισμα των στοιχείων ανά τάξη. Αυτό γίνεται για να εξασφαλιστεί ότι κάθε κλάση έχει περίπου τον ίδιο αριθμό τιμών και ότι η αλλαγή μεταξύ των διαστημάτων είναι αρκετά σταθερή. Οι κλάσεις των τιμών του χάρτη επιδεκτικότητας στις πλημμύρες ορίστηκαν με τη μέθοδο Natural Breaks (Φυσικών Ορίων) μια μέθοδο που αποσκοπεί στη διαβάθμιση των δεδομένων σε κατηγορίες με βάση την κατανομή των δεδομένων. Οι κλάσεις αυτές ορίζονται στα χαμηλό-

τερα σημεία του ιστογράμματος των δεδομένων όπου τα Φυσικά Όρια τοποθετούνται με βάση τη σειρά μεγέθους αυτών των σημείων ξεκινώντας από αυτά με τη μεγαλύτερη τιμή. Σε όλους τους προαναφερθείς παράγοντες ορίστηκαν οι ίδιες «διαβαθμίσεις» (ratings, r), ανάλογα με τις τοπικές συνθήκες και με τη συμβολή τους στην ανάπτυξη των πλημμυρικών φαινομένων. Σε κάθε κλάση των αντίστοιχων χαρτών αποδόθηκε μια τιμή σε μια κλίμακα μεταξύ του 2 και του 10. Έπειτα, ορίστηκε η «βαρύτητα» του κάθε παράγοντα (weight, w), δηλαδή το ποσοστό με το οποίο ο καθένας από αυτούς επιδρά στην εκδήλωση πλημμυρικού επεισοδίου στην υπό μελέτη περιοχή. Στη συνέχεια, τα επίπεδα αυτά συναξιολογήθηκαν, ανάλογα με το βαθμό σημαντικότητάς τους, για τον υπολογισμό του δείκτη FHIS και έτσι προέκυψε ο τελικός χάρτης των περιοχών που είναι επιδεκτικές στις πλημμύρες, λαμβάνοντας υπόψη και τα ιστορικά δεδομένα.



Σχήμα 7: Τροποποιημένη σχηματική απεικόνιση της μεθοδολογίας FIGUSED-S (Kazakis et al. 2015)

Στα παρακάτω κεφάλαια περιγράφεται η μεθοδολογία που ακολουθήθηκε και τα αποτελέσματα που προέκυψαν από την επεξεργασία των δεδομένων (βλέπε κεφάλαιο 1.6).

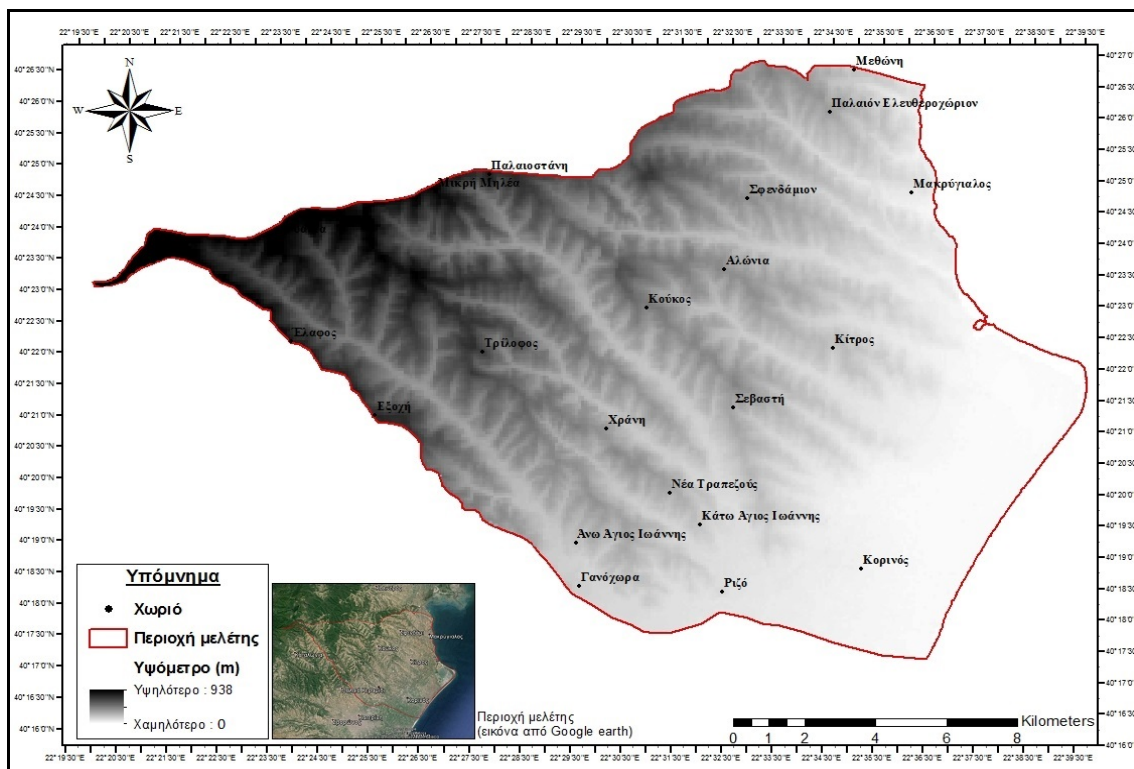
6.2. Χάρτης Ψηφιακού Μοντέλου Αναγλύφου

Ο συνηθέστερος και ο πιο διαδεδομένος τρόπος απεικόνισης του γήινου είναι τα Ψηφιακά Μοντέλα Αναγλύφου / Ψ.Μ.Α. (Digital Elevation Model / DEM). Ως τέτοιο ορίζεται η προσέγγιση της εδαφικής επιφάνειας με αριθμητικές θέσεις και του υψομέτρου συγκεκριμένων σημείων (ψηφιακά δεδομένα) που χρησιμοποιούνται κατάλληλα για την δημιουργία μαθηματικής συνάρτησης (μοντέλο) που εκφράζει ικανοποιητικά τη συνεχή επιφάνεια του εδάφους (Σουλακέλλης, 1994) (από Αλεξάκη, 2003).

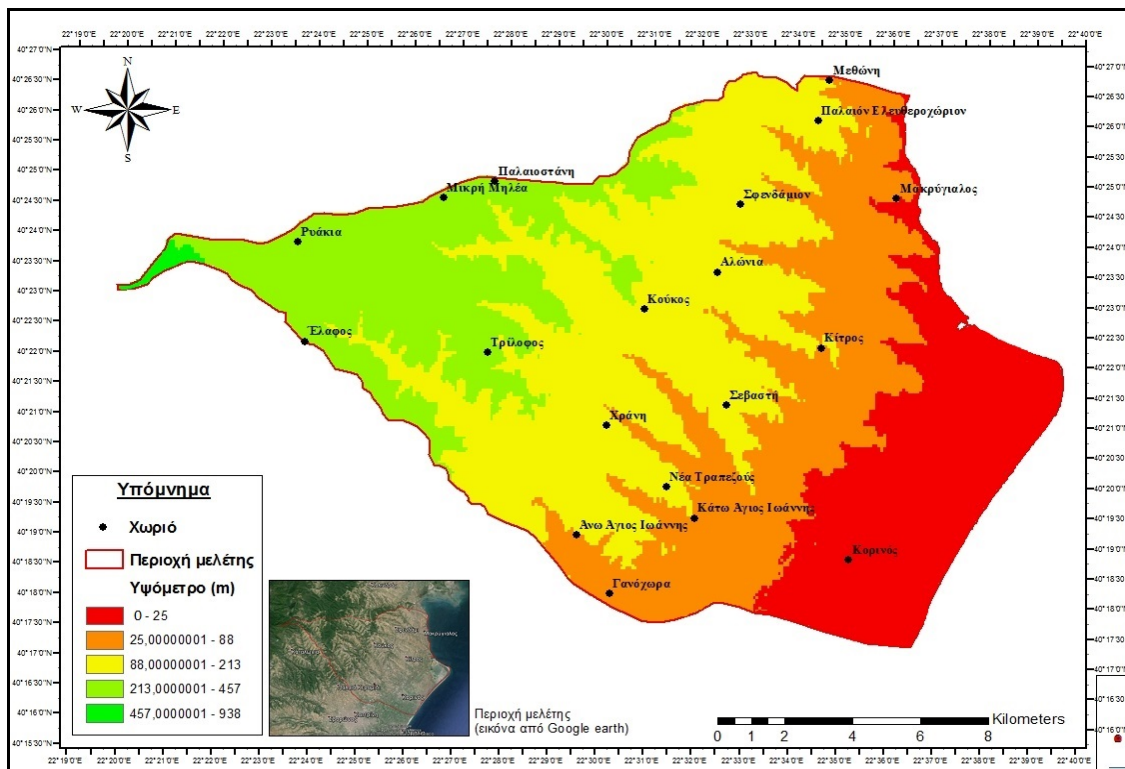
Ένα DEM αποτελεί μια αναπαράσταση μορφής κανάβου (raster) μιας συνεχούς επιφάνειας, η οποία στις Γεωεπιστήμες συνήθως αναφέρεται στην επιφάνεια της Γης. Στην παρούσα διατριβή, το DEM αναφέρεται στο ανάγλυφο της περιοχής μελέτης. Το DEM λήφθηκε από τον ιστότοπο της NASA: <http://asterweb.jpl.nasa.gov/gdem.asp> και έχει μέγεθος εικονοστοιχείου 81,70218294 x 81,70218294 m (χάρτης 10). Το πόσο ακριβές θα είναι το παραγόμενο DEM εξαρτάται από διάφορους παράγοντες, όπως η ανάλυσή (η απόσταση μεταξύ των σημείων δειγματοληψίας), η μορφή των δεδομένων αλλά και η ακρίβεια με την οποία έγιναν οι πρωτογενείς μετρήσεις του μεγέθους μελέτης, που στην συγκεκριμένη περίπτωση είναι το υψόμετρο.

Η αναπαράσταση του αναγλύφου γίνεται από ένα πλέγμα σημείων που ισαπέχουν μεταξύ τους και καθένα από αυτά έχει μια ορισμένη τιμή που αντιστοιχεί στο υψόμετρο. Σε μια περιοχή μεταξύ δύο γνωστών σημείων ο υπολογισμός του υψομέτρου γίνεται με τη μέθοδο της «παρεμβολής» (interpolation), δηλαδή με βάση τα υψόμετρα των γειτονικών σημείων. Η μέθοδος αυτή είναι αποτελεσματικότερη από εκείνη κατά την οποία το υψόμετρο δεν υπολογίζεται με παρεμβολή αλλά λαμβάνεται ίσο με το υψόμετρο του σημείου στο οποίο είναι πλησιέστερο (Μπαντέλλας, κ.α. 1996, ESRI 2001) (από Φουρνιάδη, 2002).

Στη συνέχεια παρουσιάζεται ο βαθμονομημένος χάρτης αναγλύφου με βάση τον κίνδυνο πλημμύρας (χάρτης 11) και ο πίνακας 6 που δείχνει τη διαβάθμιση του υψομέτρου και τον αντίστοιχο κίνδυνο πλημμύρας.



Χάρτης 10: Χάρτης Ψηφιακού Μοντέλου Αναγλύφου (DEM) της περιοχής μελέτης



Χάρτης 11: Βαθμονομημένος χάρτης αναγλύφου με βάση τον κίνδυνο πλημμύρας

Πίνακας 6: Πίνακας διαβάθμισης υψομέτρου και κινδύνου πλημμύρας

Υψόμετρο (m)	Κίνδυνος Πλημμύρας	Βαθμονόμηση
0 - 25	Πολύ υψηλός	10
25 - 88	Υψηλός	8
88 - 213	Μέτριος	6
213 - 457	Χαμηλός	4
457 - 938	Πολύ χαμηλός	2

Όπως παρατηρείται στον βαθμονομημένο χάρτη αναγλύφου το υψόμετρο αυξάνεται από ΝΑ προς ΒΔ, δηλαδή από την ακρογραμμή προς τα ορεινά της περιοχής μελέτης. Σε χαμηλό υψόμετρο (0 - 88 m) ο κίνδυνος πλημμύρας αυξάνεται καθώς εκεί ενδέχεται να καταλήξει το επιφανειακό νερό κάτι που σχετίζεται και με την κλίση του αναγλύφου, όπως θα φανεί και σε επόμενο κεφάλαιο (βλ. κεφάλαιο 6.4).

6.3. Χάρτης Περαιτότητας Γεωλογικών Σχηματισμών

Η περαιτότητα είναι ένας σημαντικός παράγοντας που επηρεάζει την επιφανειακή απορροή και επομένως και την πλημμυρική. Η περαιτότητα (ή υδραυλική αγωγιμότητα) του κάθε πετρώματος είναι μια ιδιότητα που συνδέεται με την ευκολία ή τη δυσκολία κίνησης του νερού μέσα στη μάζα του και εξαρτάται από τη σύστασή του.

Μέτρο της περαιτότητας είναι ο συντελεστής περαιτότητας ή ο συντελεστής του Darcy (k) με μονάδα μέτρησης m/s. Ο συντελεστής περαιτότητας εξαρτάται από το μέγεθος των πόρων του εδαφικού υλικού άρα και από τη σχετική πυκνότητα (ή συμπίκνωσή) του. Ένα πέτρωμα με μεγάλο συντελεστή περαιτότητας εμφανίζει μικρή σχετικά αντίσταση στη ροή του νερού δια μέσου αυτού και είναι δυνατό να επιτρέπει μεγάλη ταχύτητα κατείσδυσης. Το αντίθετο συμβαίνει σε πετρώματα μικρής περαιτότητας. Υπάρχουν επομένως πετρώματα περισσότερο ή λιγότερο περατά, ωστόσο πετρώματα πραγματικά αδιαπέρατα με την αυστηρή έννοια του όρου ($k = 0$) φαίνεται ότι δεν υπάρχουν (Σούλιος, 1996).

Τα πετρώματα διακρίνονται σε τρεις κατηγορίες πετρωμάτων (Σούλιος, 1996), για καθαρά πρακτικούς λόγους και είναι καθολικά αποδεκτές στη βιβλιογραφία:

Πίνακας 7: Κατηγορίες πετρωμάτων με βάση τη περατότητά τους (Σούλιος, 1996)

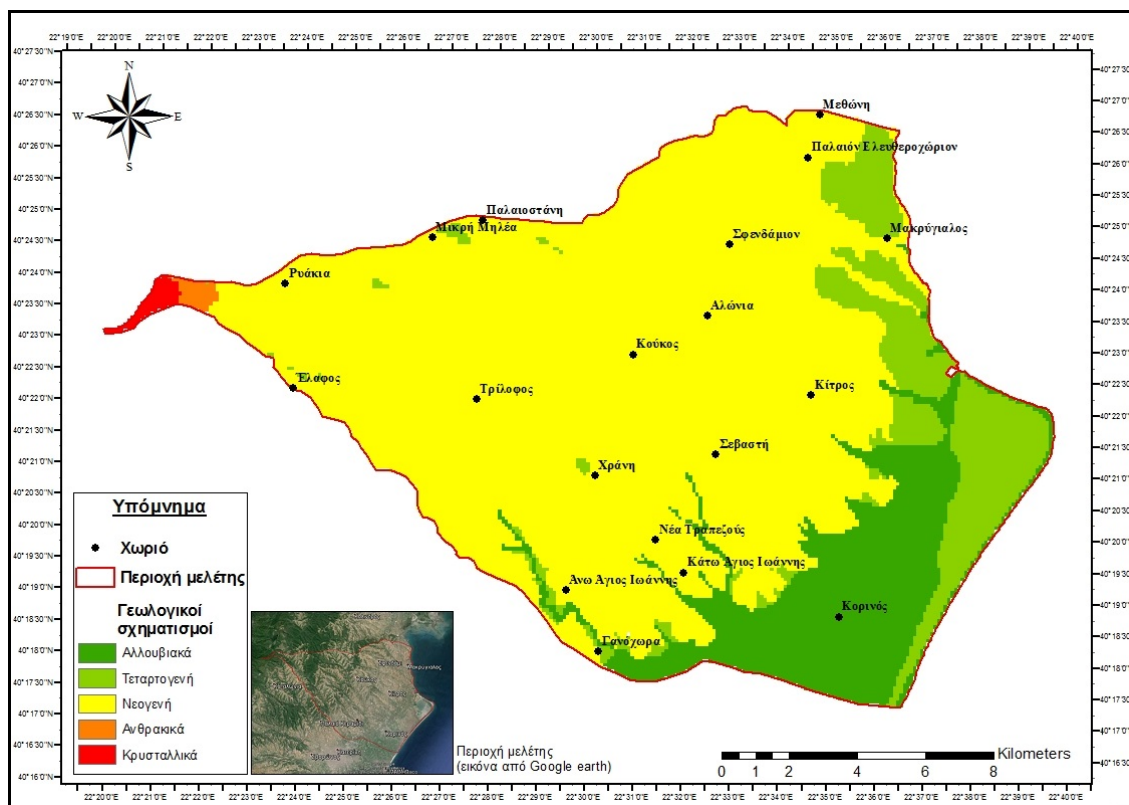
Τύπος πετρώματος	Συντελεστής περατότητας k
διαπερατό (μεγάλη περατότητα)	$k \geq 10^{-5}$ m/sec
ημιπερατό (μέτρια περατότητα)	$10^{-5} > k > 10^{-7}$ m/sec
αδιαπέρατο (χαμηλή περατότητα)	$k \leq 10^{-7}$ m/sec

Στη συνέχεια παρουσιάζεται ο πίνακας με τους πιο συνηθισμένους συντελεστές περατότητας των πετρωμάτων που συναντώνται πιο συχνά στην ύπαιθρο:

Πίνακας 8: Συντελεστές περατότητας πετρωμάτων (Σούλιος, 1996)

Σχηματισμοί	Συντελεστής Περαιτότητας k(m/sec)
Άργιλλος, Άργιλλος πλαστική	$10^{-8} - 10^{-10}$
Πηλοί, Σαπροπηλοί	$10^{-6} - 10^{-9}$
Αμμάργιλλοι	$10^{-4} - 10^{-6}$
Άμμοι λεπτόκοκκοι	$10^{-3} - 10^{-4}$
Άμμοι μεσόκοκκοι	$10^{-2} - 10^{-3}$
Άμμοι χονδρόκοκκοι	$10^{-1} - 10^{-2}$
Χαλίκια	$10^0 - 10^{-1}$
Άμμοι – Χαλίκια	$10^{-2} - 10^{-3}$
Άμμοι – Χαλίκια – Πηλοί	$10^{-3} - 10^{-4}$
Μάργες	$10^{-6} - 10^{-9}$
Φλύσχης	$10^{-6} - 10^{-8}$
Ψαμμίτης	$10^{-3} - 10^{-5}$
Κροκαλοπαγή, Μολάσσεις	$10^{-4} - 10^{-5}$
Ασβεστόλιθοι, Μάρμαρα	$10^{-2} - 10^{-5}$
Σχιστόλιθοι διάφοροι	$10^{-6} - 10^{-9}$
Οφιόλιθοι	$10^{-5} - 10^{-8}$
Γνεύσιοι, Μαρμαρυγιακοί σχιστόλιθοι, Πρασινόλιθοι και παρεμφερή μεταμορφωμένα	$10^{-6} - 10^{-9}$
Γρανίτες και γενικά όξινοι πλουτωνίτες	$10^{-5} - 10^{-9}$
Ηφαιστειακά διάφορα	$10^{-6} - 10^{-9}$

Ο γεωλογικός χάρτης (geology map) (βλ. κεφάλαιο 3.4) διαιρέθηκε σε πέντε συμβατικές κατηγορίες - κλάσεις, με βάση τα παραπάνω και ορίστηκε η συμβολή των γεωλογικών σχηματισμών στα πλημμυρικά φαινόμενα ανάλογα με την περατότητά τους. Στον παρακάτω χάρτη (χάρτης 12) εμφανίζεται ο βαθμονομημένος γεωλογικός χάρτης. Στη συνέχεια ο πίνακας 9 παρουσιάζει τον κίνδυνο πλημμύρας και τη διαβάθμιση κάθε κλάσης.



Χάρτης 13: Βαθμονομημένος γεωλογικός χάρτης με βάση τον κίνδυνο πλημμύρας

Πίνακας 9: Πίνακας διαβάθμισης γεωλογικών σχηματισμών και κινδύνου πλημμύρας

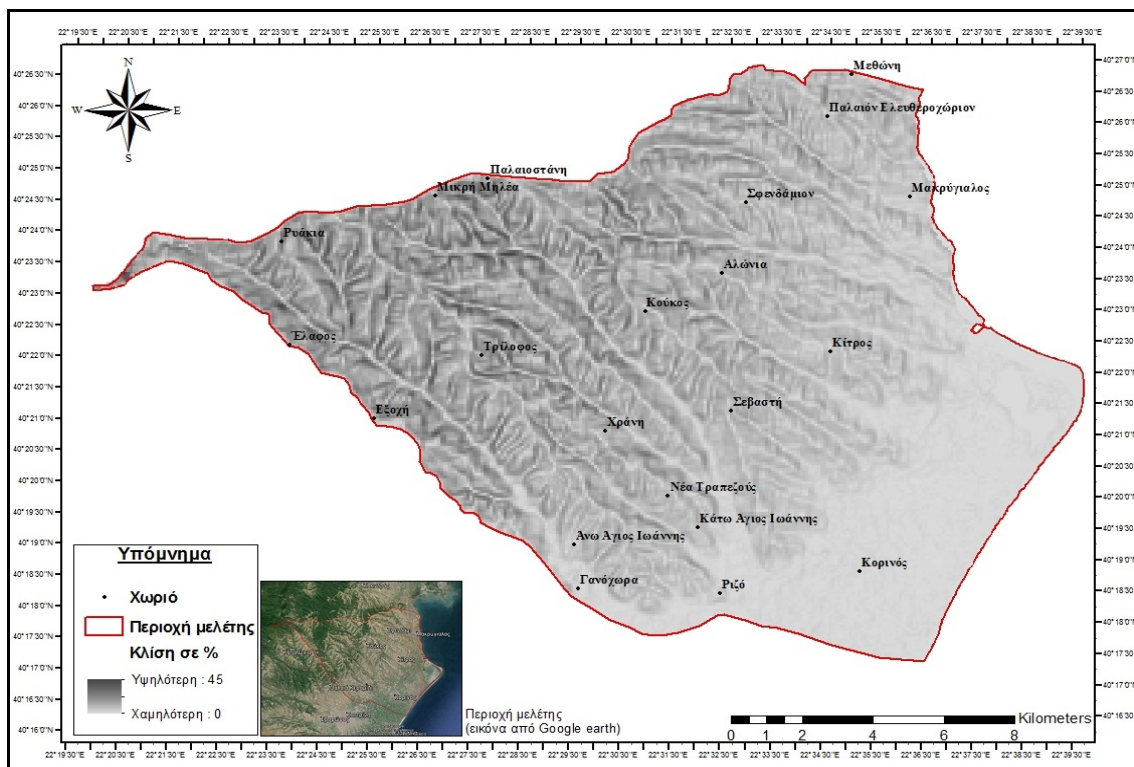
Γεωλογικοί Σχηματισμοί	Κίνδυνος Πλημμύρας	Βαθμονόμηση
Κρυσταλλικά πετρώματα	Πολύ υψηλός	10
Ανθρακικά πετρώματα	Υψηλός	8
Νεογενή πετρώματα	Μέτριος	6
Τεταρτογενή πετρώματα	Χαμηλός	4
Αλλουβιακά πετρώματα	Πολύ χαμηλός	2

Στο βαθμονομημένο γεωλογικό χάρτη παρατηρείται ότι το μεγαλύτερο μέρος της περιοχής μελέτης καλύπτεται από Νεογενή πετρώματα, στα οποία ο κίνδυνος πρόκλησης πλημμύρας είναι μέτριος. Στα ΒΔ σημειώνεται η ύπαρξη υψηλού κινδύνου ενώ στα ΝΑ ο κίνδυνος είναι χαμηλός. Στο σημείο αυτό πρέπει να αναφερθεί ότι στα ανθρακικά πετρώματα αποδόθηκε υψηλός κίνδυνος πλημμύρας καθώς είτε είναι σχετικά στεγανά ευνοούν την απορροή είτε έχουν καρστικά σώματα μπορούν να επηρεάσουν σημαντικά στην εκδήλωση στιγμιαίων πλημμυρών (Bonacci et al., 2006).

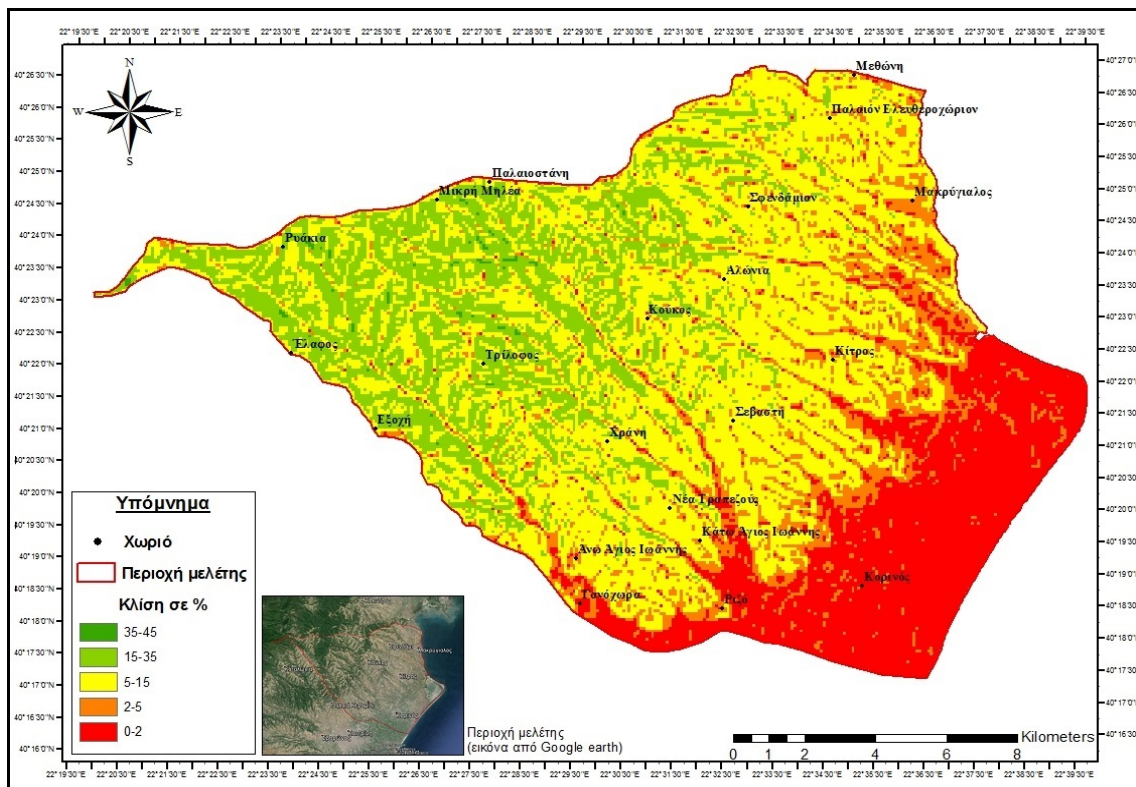
6.4 Χάρτης Κλίσεων

Ως κλίση (slope) ορίζεται η μέγιστη μεταβολή του υψομέτρου σε κάθε σημείο μιας επιφάνειας. Η κλίση του αναγλύφου είναι το πιο διαδεδομένο τοπογραφικό μέγεθος και έχει μεγάλη σημασία σε κάθε γεωμορφολογική έρευνα. Είναι μία παράμετρος που μπορεί να υπολογιστεί και να ποσοτικοποιηθεί από την περαιτέρω ανάλυση του Ψηφιακού Μοντέλου Αναγλύφου (DEM).

Στον χάρτη κλίσεων παρουσιάζεται η μέγιστη αλλαγή του αναγλύφου, για κάθε εικονοστοιχείο, από αυτό προς τα γειτονικά του και η αλλαγή αυτή εκφράζεται με μία τιμή. Έτσι στο τελικό προϊόν κάθε εικονοστοιχείο έχει μία τιμή κλίσης. Όσο μικρότερη είναι αυτή τόσο πιο επίπεδο είναι το ανάγλυφο, ενώ όσο μεγαλύτερη τόσο πιο απότομο. Οι κλίσεις υπολογίζονται είτε σε μοίρες είτε σε ποσοστό επί τοις εκατό (%). Ο χάρτης κλίσεων της περιοχής μελέτης (χάρτης 13) κατασκευάστηκε με τη βοήθεια της επέκτασης Spatial Analyst του λογισμικού ArcGIS, όπου οι κλίσεις υπολογίστηκαν σε ποσοστό επί τοις εκατό (%) και η κατηγοριοποίηση (χάρτης 14) έγινε με βάση την αντίστοιχη της μεθόδου FIGUSED-S (Kazakis et al., 2015). Στη συνέχεια ο πίνακας 10 παρουσιάζει τον κίνδυνο πλημμύρας και τη διαβάθμιση κάθε κλάσης.



Χάρτης 13: Χάρτης κλίσεων της περιοχής μελέτης



Χάρτης 14: Βαθμονομημένος χάρτης κλίσεων

Πίνακας 10: Πίνακας διαβάθμισης κλίσεων και κινδύνου πλημμύρας

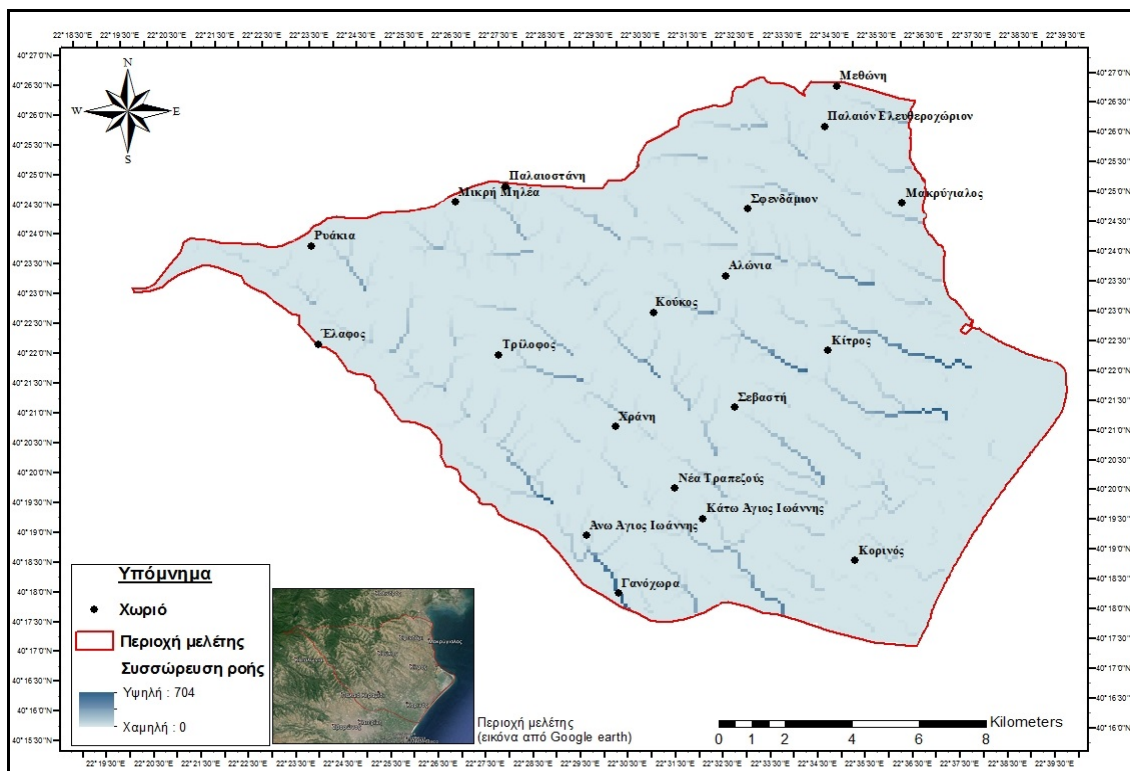
Κλίση (%)	Κίνδυνος Πλημμύρας	Βαθμονόμηση
0-2	Πολύ υψηλός	10
2-5	Υψηλός	8
5-15	Μέτριος	6
15-35	Χαμηλός	4
35-45	Πολύ χαμηλός	2

Από τον βαθμονομημένο χάρτη κλίσεων εδάφους είναι εμφανές ότι στις περιοχές με τις πιο υψηλές κλίσεις (15-45%) δεν υπάρχει σημαντικός κίνδυνος πλημμύρας γιατί σε τέτοιες περιπτώσεις το νερό απορρέει γρήγορα προς τα πιο πεδινά τμήματα. Εκεί όμως που βρίσκονται οι παρυφές των βουνών και των λόφων αλλάζουν απότομα οι κλίσεις, με αποτέλεσμα εκεί που ξεκινούν οι πεδιάδες το νερό να φτάνει με μεγάλες ταχύτητες. Έτσι στα πεδινά τμήματα λόγω των αντιστάσεων που συναντά το νερό στη πορεία του, λόγω της μορφολογίας, μειώνει απότομα ταχύτητα και αποθηκεύεται επιφανειακά. Για αυτό και οι περιοχές με μικρές κλίσεις (0-15%) θεωρούνται πιο ευάλωτες στην εκδήλωση πλημμυρικών φαινομένων.

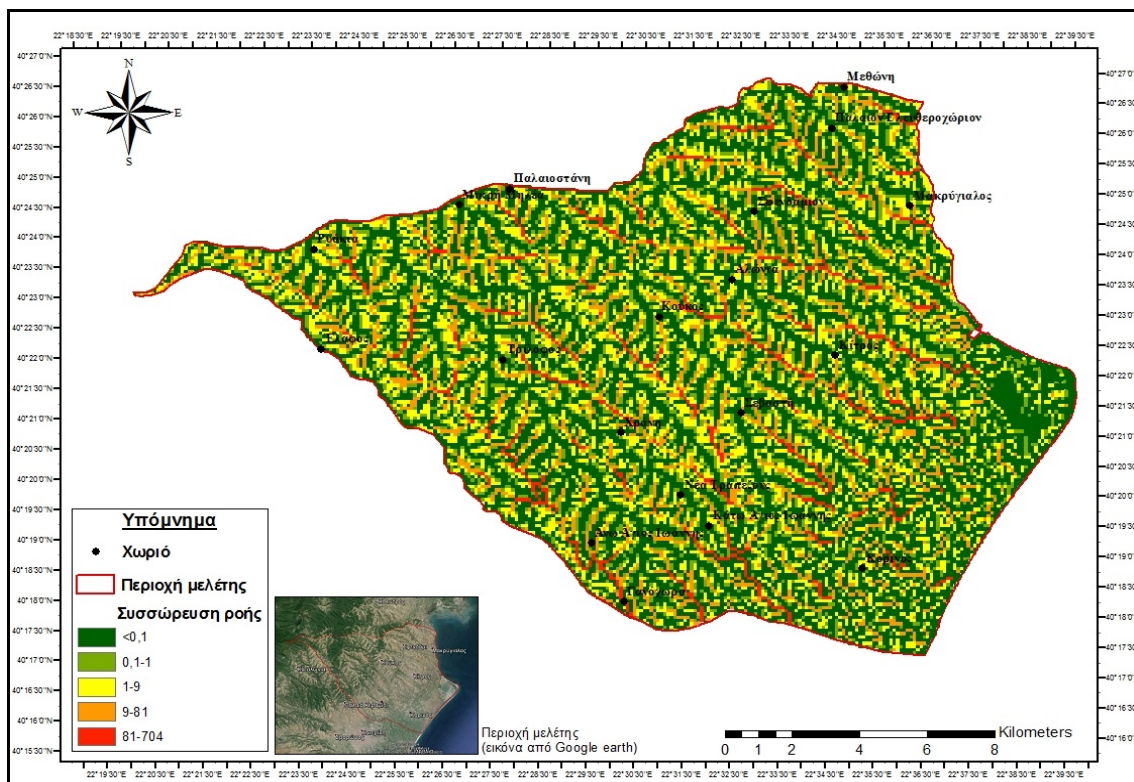
6.5 Χάρτης Συσσώρευσης Ροής

Η Συσσώρευση Ροής (Flow Accumulation) εκφράζει την ποσότητα νερού η οποία θα κινηθεί προς κάθε εικονοστοιχείο από τα γειτονικά του και τελικά θα συσσωρευτεί σε αυτό. Ο υπολογισμός της συνολικής ροής που συγκεντρώνεται σε κάθε εικονοστοιχείο είναι δυνατός, με βάση την κατεύθυνση ροής (flow direction) στα γειτονικά αυτού σημεία.

Η λειτουργία Flow Accumulation, του Hydrology Modeling του ArcMap 10.2.2, υπολογίζει το πλέγμα συσσώρευσης ροής (flow accumulation grid) που περιλαμβάνει τον συσσωρευμένο αριθμό κελιών πάνω από το κελί, για κάθε κελί του δοθέντος πλέγματος. Στο χάρτη 15 φαίνεται η συσσώρευση ροής και η κατηγοριοποίησή της παρουσιάζεται στον χάρτη 16.



Χάρτης 15: Χάρτης συσσώρευσης ροής



Χάρτης 16: Βαθμονομημένος χάρτης συσσώρευσης ροής

Πίνακας 11: Πίνακας διαβάθμισης συσσώρευσης ροής και κινδύνου πλημμύρας

Συσσώρευση ροής	Κίνδυνος Πλημμύρας	Βαθμονόμηση
81-704	Πολύ υψηλός	10
9-81	Υψηλός	8
1-9	Μέτριος	6
0,1-1	Χαμηλός	4
<0,1	Πολύ χαμηλός	2

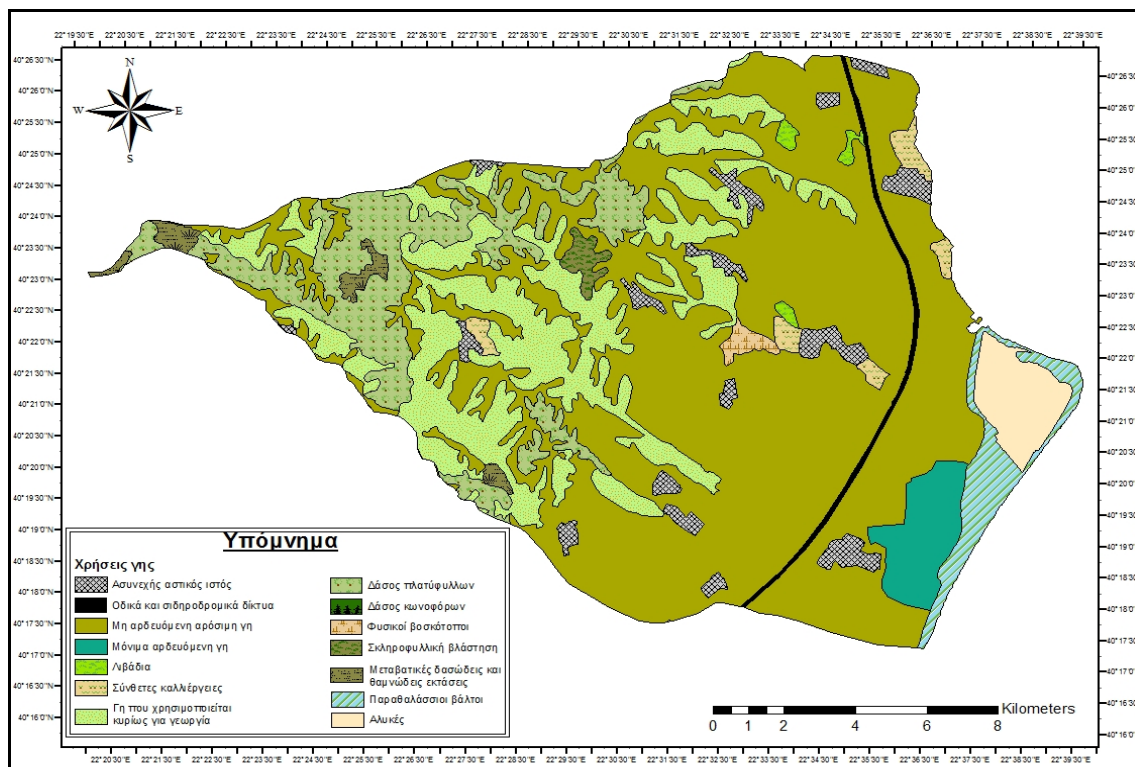
Ο βαθμονομημένος χάρτης συσσώρευσης ροής υποδεικνύει ξεκάθαρα ότι η μεγαλύτερη συσσώρευση επιφανειακού νερού πραγματοποιείται κατά μήκος των κοιτών των ρεμάτων της περιοχής μελέτης και μικραίνει καθώς απομακρυνόμαστε από αυτά. Πολύ υψηλός κίνδυνος παρατηρείται σε ελάχιστα σημεία της περιοχής μελέτης πράγμα που οφείλεται και στη μορφολογία αλλά και στη γεωλογία της περιοχής. Εδώ πρέπει να σημειωθεί ότι στην περιοχή υπάρχουν ρέματα που έχουν διευθετηθεί, πράγμα που δε λαμβάνει υπόψη το DEM και έτσι εισάγει κατά τόπους σφάλματα στο χάρτη συσσώρευσης ροής, κυρίως στα νότια της εξεταζόμενης λεκάνης.

6.6. Χάρτης Κάλυψης Γης

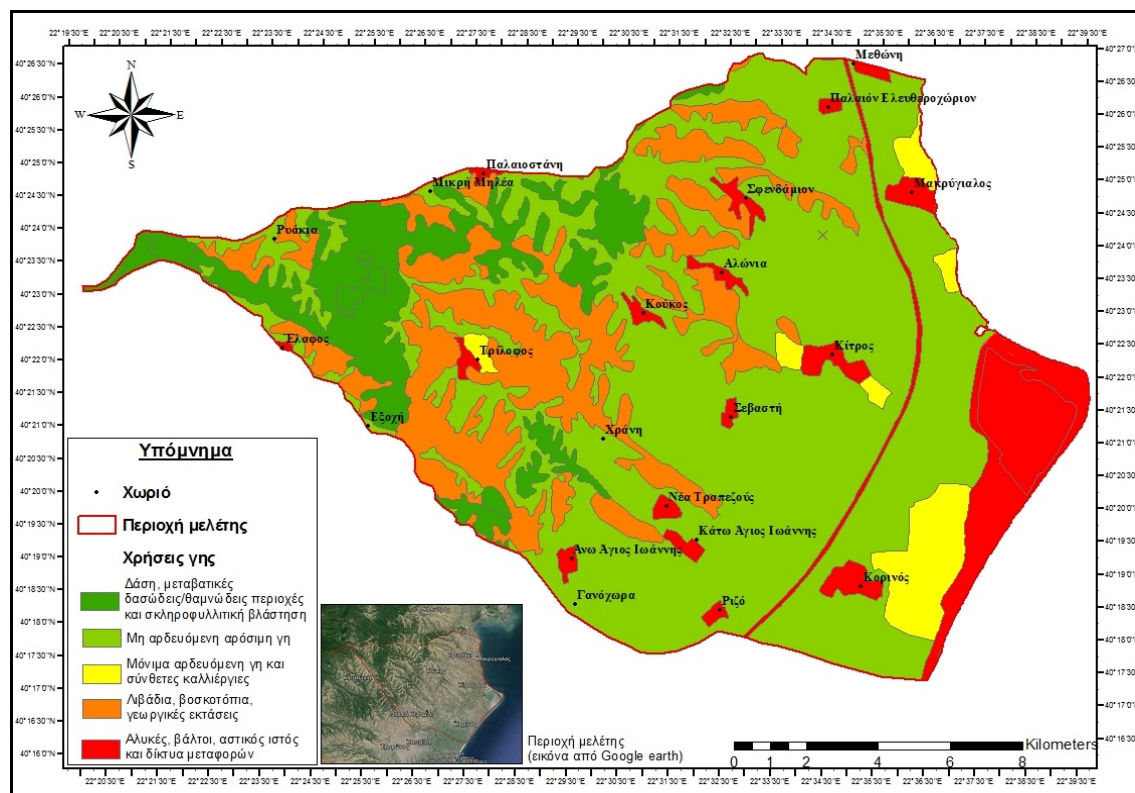
Η κάλυψη γης είναι ένας ακόμα παράγοντας που θα ληφθεί υπόψιν στη παρούσα εργασία, όπως προαναφέρθηκε. Η Κάλυψη Γης (Land Use) στην περιοχή μελέτης (χάρτης 17) δίνεται από το πρόγραμμα CORINE LAND COVER 2000. Το συγκεκριμένο πρόγραμμα, που χρησιμοποιεί κοινή μεθοδολογία, δίνει τη δυνατότητα τυποποιημένης μελέτης με θέμα την Κάλυψη Γης μέχρι και το έτος 2000 βάσει τις αλλαγές που πραγματοποιήθηκαν κατά τη δεκαετία που ακολούθησε από την διεξαγωγή του πρώτου προγράμματος CORINE LAND COVER, δηλαδή στο τέλος της δεκαετίας του '90. Σύμφωνα με το πρόγραμμα, οι χρήσεις γης που συναντώνται στην περιοχή μελέτης φαίνονται στον πίνακα 12. Στον παρακάτω χάρτη (χάρτης 17) εμφανίζεται ο κατηγοριοποιημένος χάρτης κάλυψης γης. Η κατηγοριοποίησή του σε πέντε κλάσεις έγινε με υποκειμενικά κριτήρια, με βάση τη περατότητα του εδάφους, ανάλογα με τη χρήση του αλλά και λαμβάνοντας υπόψη τη σχετική βιβλιογραφία. Στη συνέχεια ο πίνακας 13 παρουσιάζει τον κίνδυνο πλημμύρας για κάθε κλάση.

Πίνακας 12: Ονοματολογία των χρήσεων γης της περιοχής μελέτης από CORINE LC
κατά Χ. Κοντοέ

1 ^ο επίπεδο	2 ^ο επίπεδο	3 ^ο επίπεδο
1. ΤΕΧΝΗΤΕΣ ΕΠΙΦΑΝΕΙΕΣ	1.1 Αστικός ιστός	1.1.2 Ασυνεχής αστικός ιστός
	1.2 Βιομηχανικές- εμπορικές ζώνες και δίκτυα μεταφορών	1.2.2 Οδικά και σιδηροδρομικά δίκτυα
2. ΓΕΩΡΓΙΚΕΣ ΠΕΡΙΟΧΕΣ	2.1 Αρόσιμη γη	2.1.1 Μη αρδευόμενη αρόσιμη γη 2.1.2 Μόνιμα αρδευόμενη γη
	2.3 Λιβάδια	2.3.1 Λιβάδια
	2.4 Ετερογενείς γεωργικές περιοχές	2.4.2 Σύνθετες καλλιέργειες 2.4.3 Γη που χρησιμοποιείται κυρίως για γεωργία μαζί με σημαντικά τμήμα- τα φυσικής βλάστησης
3. ΔΑΣΗ ΚΑΙ ΗΜΙΦΥΣΙΚΕΣ ΠΕΡΙΟΧΕΣ	3.1 Δάση	3.1.1 Δάσος πλατύφυλλων 3.1.2 Δάσος κωνοφόρων
	3.2 Συνδυασμοί δασώδους η/και ποώδους βλάστησης	3.2.1 Φυσικοί βοσκότοποι 3.2.3 Σκληροφυλλική βλάστηση 3.2.4 Μεταβατικές δασώδεις και θα- μνώδεις εκτάσεις
4. ΥΓΡΟΤΟΠΟΙ	4.1 Παραθαλάσσιοι υγρότοποι	4.2.1 Παραθαλάσσιοι βάλτοι 4.2.2 Αλυκές



Χάρτης 17: Τροποποιημένος χάρτης κάλυψης γης από CORINE LC 2000



Χάρτης 18: Βαθμονομημένος χάρτης κάλυψης γης

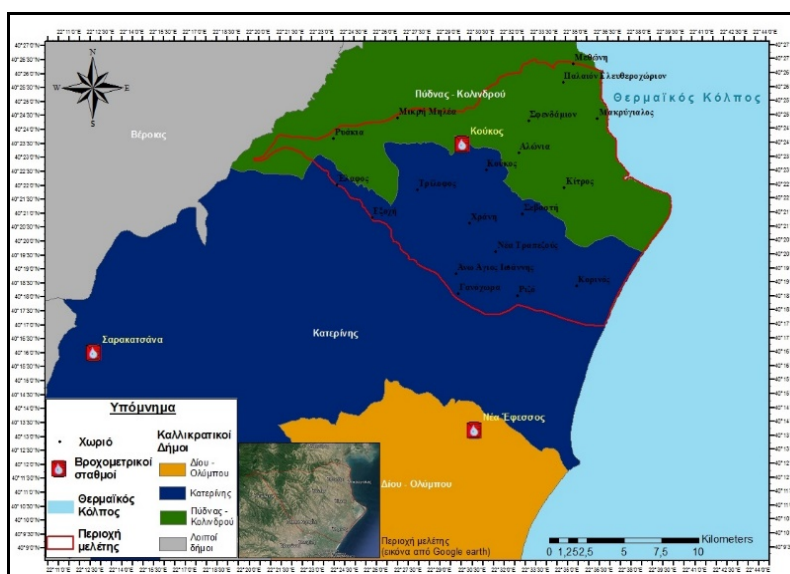
Πίνακας 13: Πίνακας διαβάθμισης κάλυψης γης και κινδύνου πλημμύρας

Κάλυψη γης	Κίνδυνος Πλημμύρας	Βαθμονόμηση	Έκταση (km ²)
Αλυκές, βάλτοι, αστικός ιστός και δίκτυα μεταφορών	Πολύ υψηλός	10	25
Λιβάδια, βοσκοτόπια, γεωργικές εκτάσεις	Υψηλός	8	46
Μόνιμα αρδεύομενη γη και σύνθετες καλλιέργειες	Μέτριος	6	11
Μη αρδεύομενη αρόσιμη γη	Χαμηλός	4	145
Δάση, μεταβατικές δασώδεις/θαμνώδεις περιοχές και σκληροφυλλитική βλάστηση	Πολύ χαμηλός	2	28

Από το βαθμονομημένο χάρτη προκύπτει ότι την μεγαλύτερη έκταση (~145 km²) καταλαμβάνει η μη αρδεύομενη αρόσιμη γη, με χαμηλό κίνδυνο πλημμύρας. Οι περιοχές με πολύ υψηλό κίνδυνο πλημμύρας καταλαμβάνουν έκταση ~25 km².

6.7 Χάρτης Έντασης της Βροχόπτωσης

Η δημιουργία του χάρτη έντασης της βροχόπτωσης πραγματοποιήθηκε με την μεθοδολογία Modified Fournier Index (Morgan, 2005). Τα βροχομετρικά δεδομένα (βλ. κεφάλαιο 10) λήφθηκαν από τρεις βροχομετρικούς σταθμούς που φαίνονται στον παρακάτω χάρτη.



Χάρτης 19: Μετεωρολογικοί σταθμοί

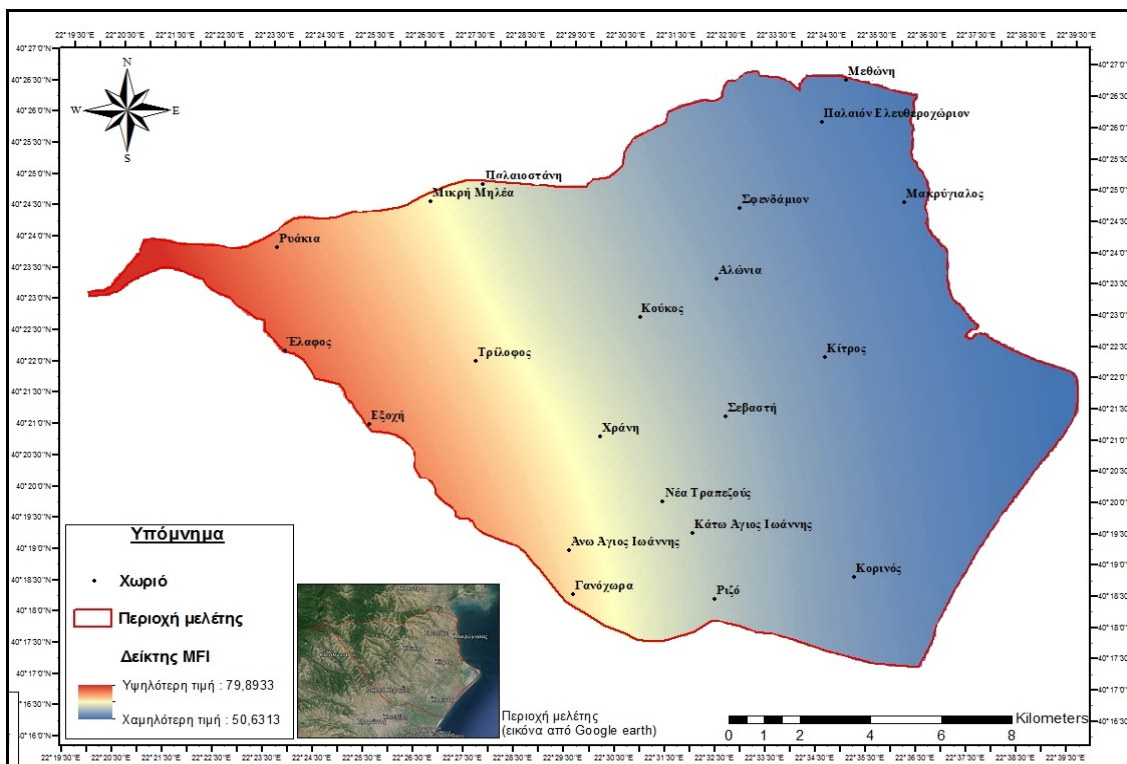
Η μεθοδολογία που εφαρμόστηκε παρουσιάζει για κάθε βροχομετρικό σταθμό μια διαβάθμιση που σχετίζεται με την ένταση της βροχής. Ο MFI προκύπτει από την εξίσωση:

$$MFI = \sum_{i=1}^{12} \frac{p_i^2}{P_t}$$

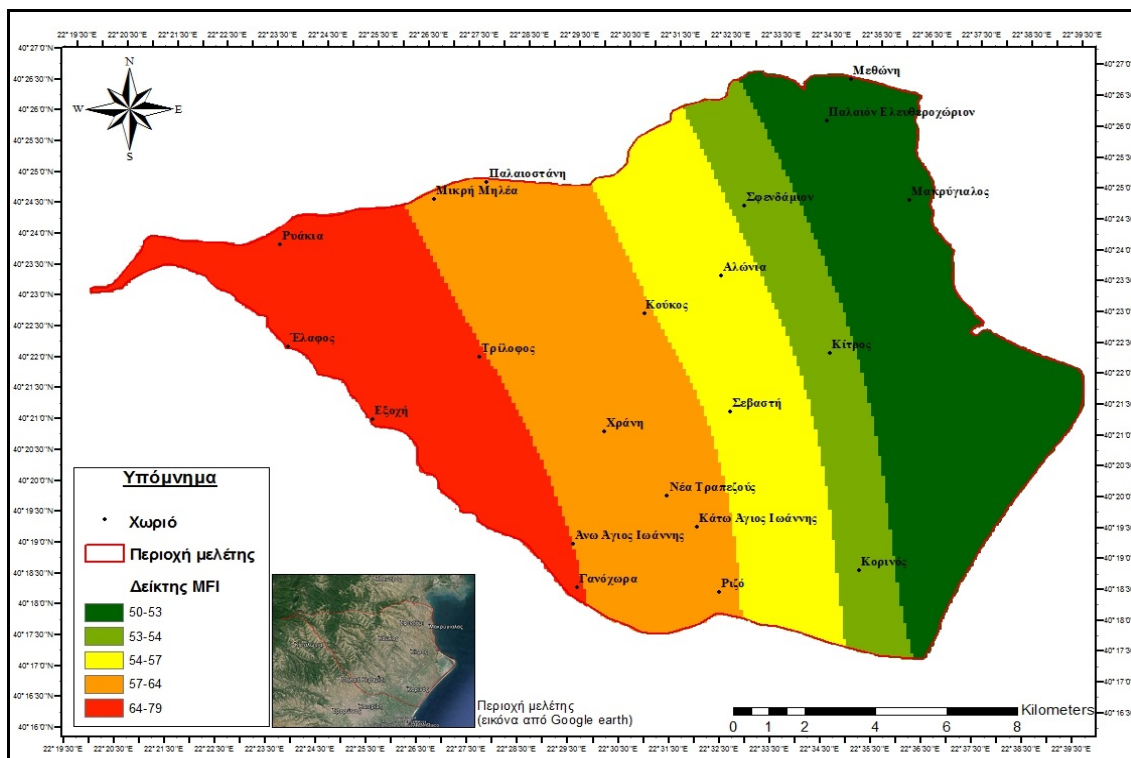
όπου MFI: Modified Fournier Index, p_i : μέση μηνιαία βροχόπτωση, P_t : η μέση ετήσια βροχόπτωση

Με αυτόν το δείκτη υπολογίζεται το άθροισμα της έντασης της μέσης μηνιαίας βροχής για κάθε σταθμό, για ένα χρόνο. Στον σταθμό Κούκος το MFI είναι 59,1, στον σταθμό Νέα Έφεσσος είναι 63 και στη Σαρακατσάνα 100.

Από τα παραπάνω δεδομένα προέκυψε ο χάρτης έντασης της βροχόπτωσης (χάρτης 20) και η διαβαθμισμένη του μορφή (χάρτης 21). Η χωρική ολοκλήρωση των σημειακών MFI πραγματοποιήθηκε με την μέθοδο Spline, που προτείνεται σε περιπτώσεις που ο αριθμός των βροχομετρικών σταθμών είναι μικρός (Kourgialas et al., 2011), όπως στη συγκεκριμένη περίπτωση. Η κατηγοριοποίηση του χάρτη έντασης της βροχόπτωσης έγινε με βάση τις σχετικές προδιαγραφές της βιβλιογραφίας (Morgan, 2005). Στη συνέχεια ο πίνακας 16 παρουσιάζει τον κίνδυνο πλημμύρας σε κάθε κλάση έντασης της βροχόπτωσης.



Χάρτης 20: Χάρτης έντασης βροχόπτωσης



Χάρτης 21: Βαθμονομημένος χάρτης έντασης βροχής

Πίνακας 14: Πίνακας διαβάθμισης έντασης βροχής και κινδύνου πλημμύρας

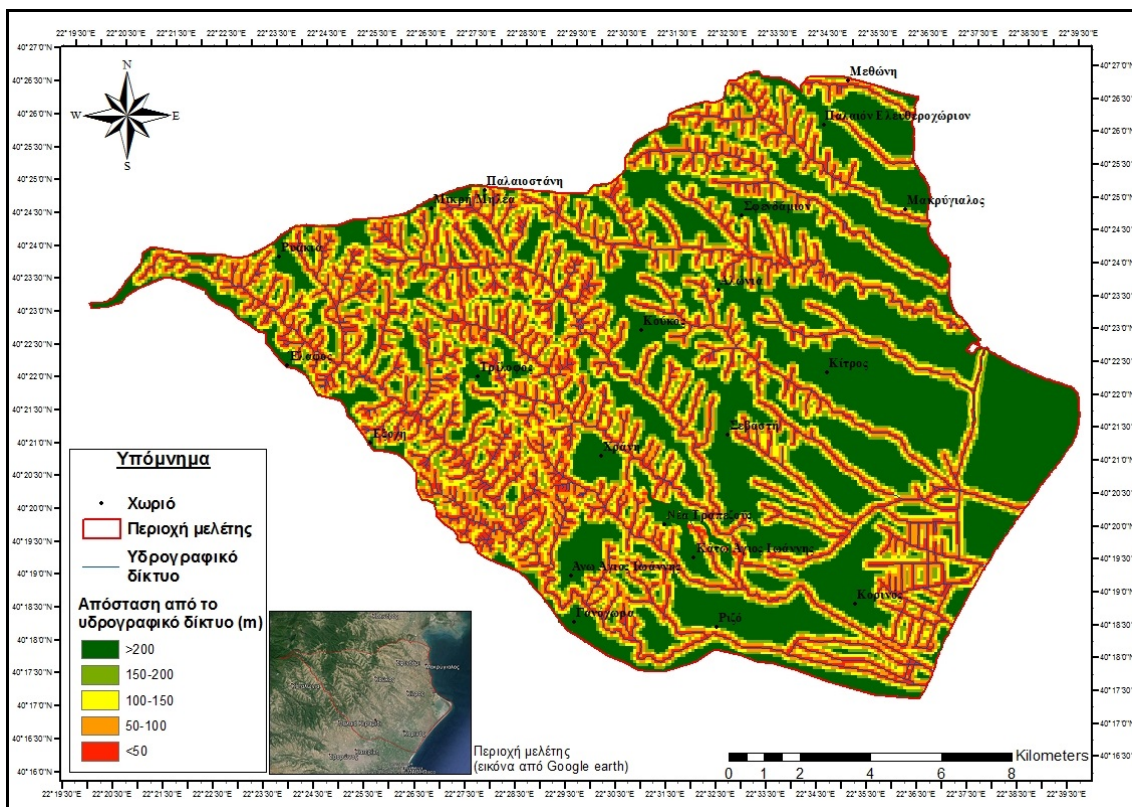
MFI	Κίνδυνος Πλημμύρας	Βαθμονόμηση
64-79	Πολύ υψηλός	10
57-64	Υψηλός	8
54-57	Μέτριος	6
53-54	Χαμηλός	4
50-53	Πολύ χαμηλός	2

Από το βαθμονομημένο χάρτη έντασης της βροχής προκύπτει ότι η ένταση της βροχής μειώνεται από δυτικά προς ανατολικά, δηλαδή από το ορεινό προς το πεδινό και παραθαλάσσιο κομμάτι της περιοχής μελέτης. Ωστόσο πρέπει να αναφερθεί ότι η κατανομή των βροχομετρικών σταθμών δεν καλύπτει επαρκώς την υπό μελέτη περιοχή καθώς καλό θα ήταν το δίκτυο παρατηρήσεων να είναι πιο πυκνό.

6.8. Χάρτης Αποστάσεων από το Υδρογραφικό Δίκτυο

Η απόσταση από το υδρογραφικό δίκτυο είναι ο έβδομος και τελευταίος παράγοντας που θα εξεταστεί στη παρούσα μελέτη για την ανεύρεση των ευάλωτων περιοχών στην εκδήλωση πλημμυρικών φαινομένων. Οι υπερχειλίσεις των ποταμών είναι ζωτικής σημασίας για την έναρξη μιας πλημμύρας. Ο κατακλυσμός ξεκινά από τις κοίτες των ποταμών και επεκτείνεται στον περιβάλλοντα χώρο. Ο ρόλος της κοίτης μειώνεται καθώς μεγαλώνει η απόσταση από αυτή για αυτό είναι ανάγκη να οριστούν νοητές ζώνες διαφόρων αποστάσεων από το υδρογραφικό δίκτυο. Αυτό πραγματοποιήθηκε με τη βοήθεια του ArcToolbox του ArcMap και συγκεκριμένα με την εντολή Buffer των Analyst Tools.

Στον παρακάτω χάρτη (χάρτης 22) εμφανίζεται ο βαθμονομημένος χάρτης της απόστασης από το υδρογραφικό δίκτυο. Η κατηγοριοποίησή του σε πέντε κλάσεις έγινε με βάση την έκταση της εξεταζόμενης περιοχής, την κατανομή του υδρογραφικού δικτύου σε αυτή και τα ιστορικά δεδομένα. Στη συνέχεια ο πίνακας 15 παρουσιάζει τον κίνδυνο πλημμύρας και τη διαβάθμιση κάθε κλάσης.



Χάρτης 22: Βαθμονομημένος χάρτης απόστασης από το υδρογραφικό δίκτυο

Πίνακας 15: Πίνακας διαβάθμισης της απόστασης από το υδρογραφικό δίκτυο και του κινδύνου πλημμύρας

Απόσταση από το υδρο- γραφικό δίκτυο (m)	Κίνδυνος Πλημμύρας	Βαθμονόμηση
<50	Πολύ υψηλός	10
50-100	Υψηλός	8
100-150	Μέτριος	6
150-200	Χαμηλός	4
>200	Πολύ χαμηλός	2

Όπως παρατηρείται στον παραπάνω βαθμονομημένο χάρτη ο κίνδυνος πλημμύρας μειώνεται καθώς αυξάνεται η απόσταση από τη κοίτη των ρεμάτων. Οι Αλυκές Κίτρους δεν λήφθηκαν υπόψη καθώς αποτελούν περιοχή μόνιμα καλυμμένη με νερό.

6.9. Χάρτης Πλημμυρικής Επιδεκτικότητας

Σκοπός της παρούσας διατριβής, όπως προαναφέρθηκε, είναι ο προσδιορισμός των περιοχών που είναι ευάλωτες στην εκδήλωση πλημμυρικών φαινομένων, στο εξεταζόμενο κομμάτι του νομού Πιερίας. Για τον προσδιορισμό αυτό αναγκαία είναι η δημιουργία του Χάρτη Πλημμυρικής Επιδεκτικότητας, της περιοχής μελέτης. Στόχος του χάρτη αυτού είναι η εκτίμηση της θέσης και της έκτασης μελλοντικών επικίνδυνων πλημμυρικών γεγονότων και σκοπός του είναι να προβλέψει και να μειώσει ή να εξάλειψει ενδεχόμενες απώλειες που μπορεί να προκαλέσει μια πλημμύρα.

Παρόλα τα πλεονεκτήματά τους όμως, οι Χάρτες Πλημμυρικής Επιδεκτικότητας παρουσιάζουν και κάποια μειονεκτήματα για είναι γενικοί χάρτες που αναπαριστούν μια στατική άποψη της πραγματικότητας, για αυτό και είναι αναγκαίο να ανανεώνονται κάθε φορά που προκύπτουν νέα διαθέσιμα δεδομένα ώστε να είναι επικαιροποιημένοι.

Για τη δημιουργία του Χάρτη Πλημμυρικής Επιδεκτικότητας, της περιοχής μελέτης, καθορίστηκαν 7 παράγοντες που επηρεάζουν την εκδήλωση του φαινομένου. Αυτοί συναξιολογήθηκαν και με βάση το κατά πόσο επηρεάζουν την εκδήλωση πλημμυρικών φαινομένων, υπολογίστηκε η βαρύτητα (πίνακας 16) για κάθε παράγοντα χωριστά ώστε να υπολογιστεί ο δείκτης FHIS:

$$\text{FHIS} = 1,2 * \text{F} + 0,5 * \text{I} + 0,4 * \text{G} + 0,7 * \text{U} + 1,6 * \text{S} + 3,0 * \text{E} + 2,5 * \text{D}$$

Όπου:

F: Flow accumulation. Συσώρευση ροής, όπως προέκυψε από το DEM της περιοχής μελέτης

I: Rainfall Intensity. Ένταση βροχόπτωσης (mm), όπως προέκυψε από το δείκτη MFI

G: Geology. Γεωλογία περιοχής μελέτης, όπως προέκυψε από τους χάρτες του Ι.Γ.Μ.Ε.

U: Land Use. Χρήσεις γης, όπως προέκυψε από το Corine Land Cover

S: Slope. Κλίσεις (%), όπως προέκυψαν από το DEM της περιοχής μελέτης

E: Elevation. Υψόμετρο (m), όπως προέκυψε από το DEM της περιοχής μελέτης

D: Distance from drainage network. Απόσταση από το υδρογραφικό δίκτυο (m), όπως προέκυψε από το DEM της περιοχής μελέτης

Πίνακας 16: Εξεταζόμενοι παράγοντες και η αντίστοιχη βαρύτητα τους

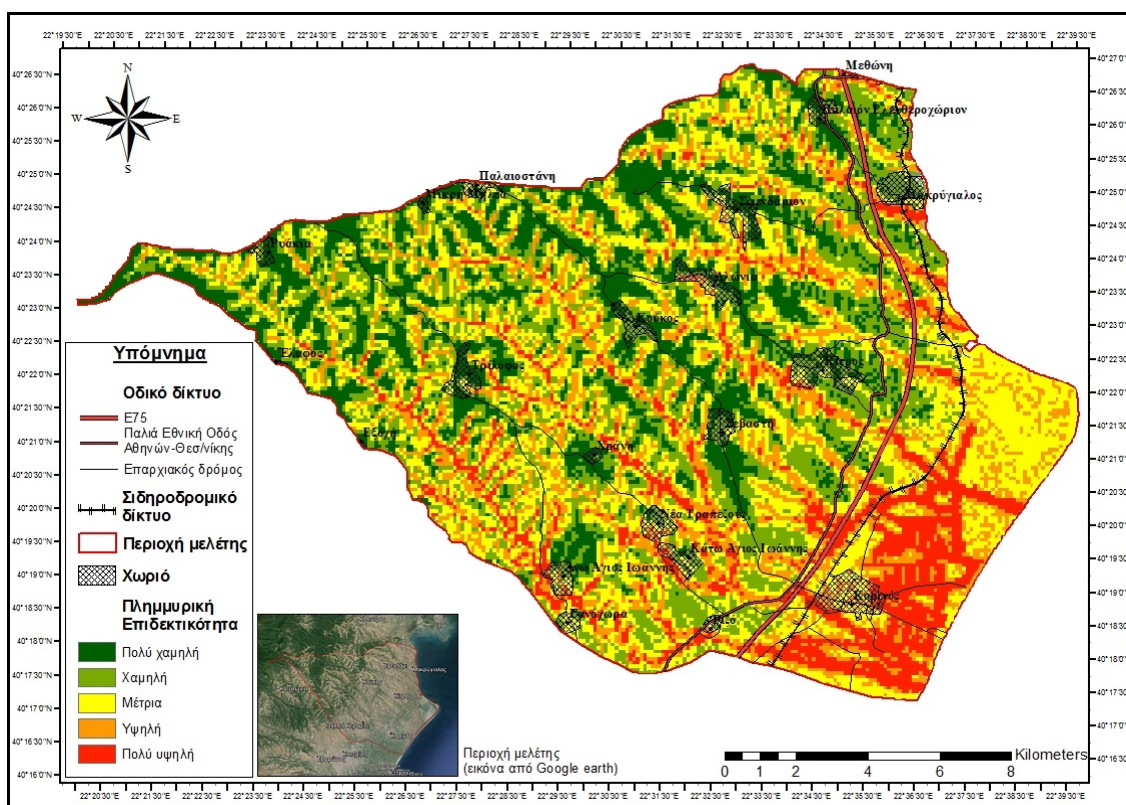
Παράγοντας	Βαρύτητα
Υψόμετρο (E)	3
Απόσταση από υδρογραφικό δίκτυο (D)	2,5
Κλίσεις (S)	1,6
Συσσώρευση ροής (F)	1,2
Κάλυψη γης (U)	0,7
MFI (I)	0,5
Γεωλογία (G)	0,4

Συνδυάζοντας τους παραπάνω θεματικούς χάρτες και με τη χρήση του δείκτη FHIS προέκυψε ο Χάρτης Πλημμυρικής Επιδεκτικότητας, της περιοχής (χάρτης 23). Η κατηγοριοποίησή του έγινε με την μέθοδο Natural Breaks του ArcMap. Ο Χάρτης Πλημμυρικής Επιδεκτικότητας ταξινομεί την περιοχή σε 5 κατηγορίες:

- 93-72: Πολύ υψηλή επιδεκτικότητα
- 64-72: Υψηλή επιδεκτικότητα
- 55-64: Μέτρια επιδεκτικότητα
- 46-55: Χαμηλή επιδεκτικότητα
- 46-27: Πολύ χαμηλή επιδεκτικότητα

Όπως φαίνεται στον παρακάτω χάρτη τα πιο επιδεκτικά σημεία, στην εκδήλωση πλημμυρικών φαινομένων, βρίσκονται κοντά στην κοίτη των ρεμάτων και ο κίνδυνος μειώνεται καθώς μεγαλώνει η απόσταση από αυτά. Παρατηρείται επίσης ότι οι κατάντη περιοχές των ρεμάτων, κοντά στις εκβολές τους στα πεδινά, είναι πιο επιδεκτικές σε πλημμύρες. Είναι εμφανές ότι στα Νότια και Νοτιοανατολικά της εξεταζόμενης περιοχής, κοντά στον Κορινό, όπου τα ρέματα έχουν διευθετηθεί, υπάρχει μια μεγάλη ζώνη πολύ υψηλού πλημμυρικού κινδύνου. Στον παρακάτω χάρτη (χάρτης 24) απεικονίζονται τα χωριά και τα σημεία του οδικού και σιδηροδρομικού δικτύου που μπορεί να κινδυνεύσουν λιγότερο ή περισσότερο, με βάση τον Χάρτη Πλημμυρικής Επιδεκτικότητας. Σε υψηλό ή πολύ υψηλό κίνδυνο βρίσκονται χωριά όπως ο Άνω Άγιος Ιωάννης, ο Κίτρος, η Μεθώνη, ο Κορινός και ο Μακρύγιαλος, που έχουν αντιμετωπίσει πρόβλη-

μα με τις πλημμύρες στο παρελθόν, αλλά και χωριά όπως το Ριζό, ο Κάτω Άγιος Ιωάννης, η Νέα Τραπεζούς και τα Αλώνια που δεν έχουν κινδυνέψει από πλημμυρικά φαινόμενα. Στο οδικό και σιδηροδρομικό δίκτυο παρατηρούνται επίσης κατά τόπους περιοχές με υψηλό ή πολύ υψηλό κίνδυνο πλημμύρας όπως κοντά στον Κορινό και τον Μακρύγιαλο. Όσο αφορά τις χρήσεις γης, αυτές που έχουν υψηλή ή πολύ υψηλή επιδεκτικότητα είναι κυρίως η μη αρδευόμενη αρόσιμη γη, η γη που χρησιμοποιείται κυρίως για γεωργία και η μόνιμα αρδευόμενη γη.

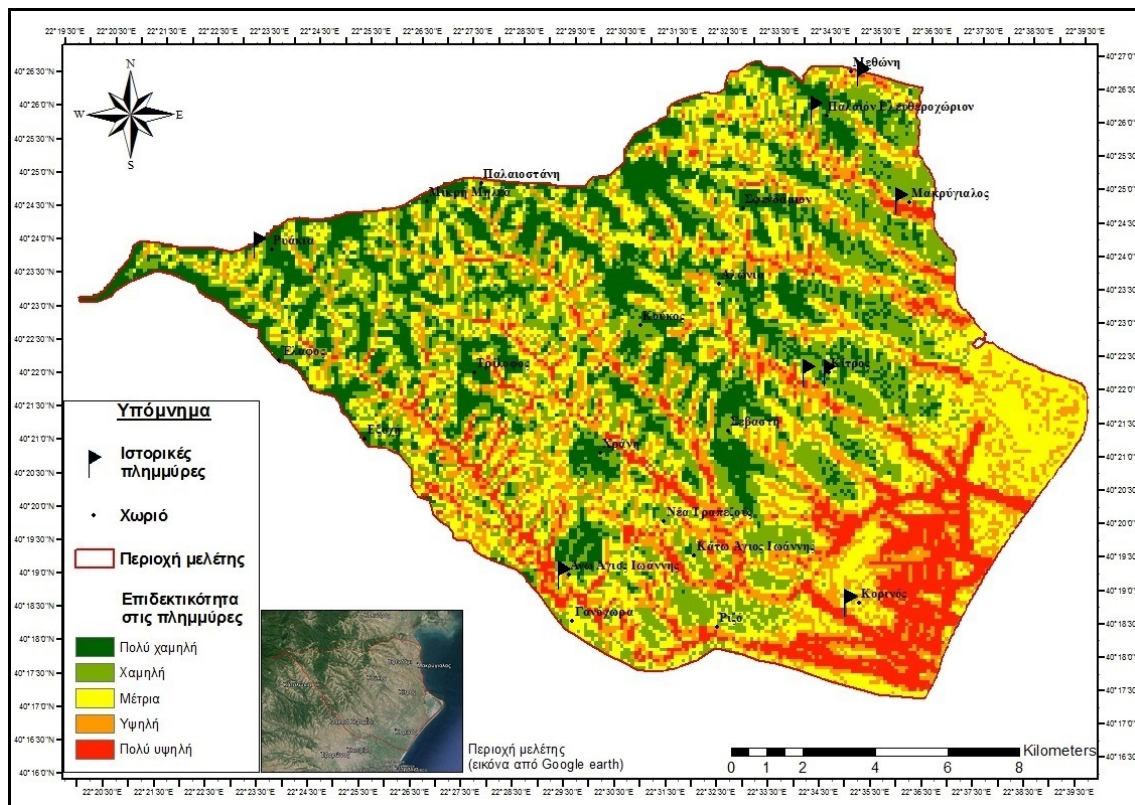


Χάρτης 24: Χάρτης επιδεκτικότητας στις πλημμύρες με απεικόνιση των χωριών και του οδικού και σιδηροδρομικού δικτύου

6.10. Έλεγχος αξιοπιστίας

Για να ελεγχθεί η αξιοπιστία της μεθόδου που χρησιμοποιήθηκε και των αποτελεσμάτων που εξήχθησαν από αυτή, προβλήθηκαν οι ιστορικές πλημμύρες (βλ. κεφάλαιο 5) στον Χάρτη Πλημμυρικής Επιδεκτικότητας, της περιοχής μελέτης. Στον παρακάτω χάρτη (χάρτης 25) παρατηρείται ότι όλες οι ιστορικές πλημμύρες βρίσκονται σε

περιοχές με υψηλή ή πολύ υψηλή επιδεκτικότητα στα πλημμυρικά φαινόμενα, κάτι που επιβεβαιώνει την αξιοπιστία της μεθόδου FIGUSED-S σε μικρές λεκάνες απορροής, όπως αυτή της παρούσας διατρίβης.



Χάρτης 25: Χάρτης ελέγχου αξιοπιστίας

7. ΑΝΑΚΕΦΑΛΑΙΩΣΗ ΚΑΙ ΣΥΜΠΕΡΑΣΜΑΤΑ

Τα επόμενα χρόνια, με βάση τις προβλέψεις, αναμένεται να παρουσιαστούν πιο έντονα κλιματολογικά φαινόμενα, λόγω της κλιματικής αλλαγής που λαμβάνει χώρα σε ολόκληρο τον πλανήτη. Στα ακραία αυτά φαινόμενα συμπεριλαμβάνονται και οι καταστροφικές πλημμύρες. Αυτές παρουσιάζονται στην Ελλάδα κυρίως σε παραποτάμιες περιοχές και κατά καιρούς προκαλούν ανυπολόγιστες ζημιές στις περιουσίες των ανθρώπων και κάποιες φορές αποβαίνουν θανατηφόρες. Οι ξαφνικές πλημμύρες στον ελληνικό χώρο είναι αποτέλεσμα κυρίως ατμοσφαιρικών διαταραχών που συνοδεύονται από ραγδαίες βροχοπτώσεις, όπου παρατηρούνται μεγάλες ποσότητες βροχής σε σύντομο χρονικό διάστημα. Οι παράγοντες που συμβάλουν στην εμφάνιση ξαφνικών πλημμυρών είναι πολλοί, όπως η τοπογραφία της περιοχής, η φυτοκάλυψη, οι κλίσεις του εδάφους, η ένταση και η διάρκεια των βροχοπτώσεων, η αστικοποίηση κ.ά..

Ο βαθμός στον οποίο επηρεάζουν οι πλημμύρες την ανθρώπινη ζωή είναι προφανές και θα πρέπει να γίνει μέλημα όλων η προσπάθεια για ορθολογική διαχείριση των φαινομένων αυτών. Η σημαντικότητα της ορθολογικής αυτής διαχείρισης αποδεικνύεται πλέον σε Ευρωπαϊκό επίπεδο, καθώς για τη πρόληψη των πλημμυρών το Ευρωπαϊκό Συμβούλιο και το Κοινοβούλιο έχει επιβάλλει από το 2006 στα κράτη μέλη την υποχρέωση να υιοθετήσουν προσέγγιση μακροπρόθεσμου σχεδιασμού για τον περιορισμό των πλημμυρών.

Για τους παραπάνω λόγους και εξαιτίας της περιβαλλοντικής φύσης του μεταπτυχιακού προγράμματος στο οποίο εντάσσεται η παρούσα διατριβή, έγινε η παρούσα προσπάθεια να αξιολογηθεί η συνεισφορά της τεχνολογίας των Συστημάτων Γεωγραφικών Πληροφοριών/ΣΓΠ στην καταγραφή πλημμυρικών φαινομένων, καθώς επίσης και στην εκτίμηση της τρωτότητας μιας περιοχής σε πλημμυρικά φαινόμενα με την κατασκευή χαρτών επιδεκτικότητας. Ωστόσο, όπως προαναφέρθηκε, στην εργασία αυτή παρουσιάστηκαν και προβλήματα όσο αφορά το DEM της περιοχής, το πρόγραμμα ArcMap αλλά και το δίκτυο βροχομετρικών σταθμών στη περιοχή, προβλήματα που οφείλονται τόσο στη γραφειοκρατία και στην δυσκολία πρόσβασης των φοιτητών σε απαραίτητο για αυτούς λογισμικό, όσο και στην γενικότερη έλλειψη πρωτογενών δεδομένων στη περιοχή μελέτης.

Ανακεφαλαιώνοντας:

- Η περιοχή μελέτης εντοπίζεται στον Βόρειο Ελλαδικό χώρο (Κεντρική Μακεδονία), στο νομό Πιερίας, ανήκει τόσο στο Δήμο Κατερίνης όσο και στο Δήμο Πύδνας - Κολινδρού και καταλαμβάνει μια έκταση 255 km².
- Όσο αφορά τη μορφολογία της το μέγιστο υψόμετρο είναι 938 m και τη μεγαλύτερη έκταση καταλαμβάνουν οι πεδινές περιοχές. Το δυτικό όριο της περιοχής μελέτης είναι οι χαμηλότεροι ορεινοί όγκοι που ανήκουν στα Πιέρια Όρη, ενώ το ανατολικό όριο της είναι ο Θερμαϊκός Κόλπος.
- Το κλίμα στις ορεινές περιοχές είναι ηπειρωτικό με θερμά καλοκαίρια και ψυχρούς χειμώνες. Το κλίμα του πεδινού τμήματος της περιοχής μελέτης είναι σχετικά ήπιο, ενώ στη παράκτια περιοχή το κλίμα είναι θαλάσσιο. Γενικά, στην ευρύτερη περιοχή μελέτης το κλίμα χαρακτηρίζεται ως μεταβατικό μεταξύ του Ηπειρωτικού κλίματος της Κεντρικής Ευρώπης και του Μεσογειακού κλίματος.
- Η περιοχή μελέτης ανήκει στην γεωτεκτονική Ζώνη Αξιού και συγκεκριμένα στο δυτικό τμήμα της, δηλαδή στην Υποζώνη Αλμωπίας. Παρατηρούνται Τεταρτογενή ιζήματα, Νεογενή ιζηματογενή και κρυσταλλικά πετρώματα της Υποζώνης Αλμωπίας. Όσο αφορά την τεκτονική της ευρύτερης περιοχής, εμφανίζονται δύο κύρια συστήματα ρηγμάτων με διευθύνσεις BA-NA και BBΔ-NNA, αλλά και ένα τρίτο σύστημα ρηγμάτων με μέση διεύθυνση περίπου Α-Δ.
- Η εξεταζόμενη περιοχή ανήκει στο Υδατικό Διαμέρισμα Δυτικής Μακεδονίας (ΥΔ09), συγκεκριμένα στην υδρολογική υπολεκάνη της Πεδιάδας της Κατερίνης και χωρίζεται σε 9 υπολεκάνες. Το υδρογραφικό δίκτυο της περιοχής χαρακτηρίζεται δενδριτικής μορφής κατά Howard (1967), από Αστάρα (1997).
- Από το σχετικό DEM κατασκευάστηκε ο χάρτης αναγλύφου με τη βοήθεια του προγράμματος ArcGIS. Από αυτόν προέκυψε ότι το υψόμετρο κυμαίνεται από 0 έως 938m και αυξάνεται από ΝΑ προς ΒΔ. Η κατηγοριοποίησή του σε πέντε κλάσεις έγινε με τη μέθοδο Geometrical Intervals του ArcMap. Στα χαμηλότερα υψόμετρα (0-88m) παρατηρήθηκε ότι ο κίνδυνος πλημμύρας αυξάνεται.

- Ο χάρτης περατότητας των γεωλογικών σχηματισμών, προέκυψε από την ψηφιοποίηση των αντίστοιχων γεωλογικών χαρτών Κατερίνης και Κολινδρού του Ι.Γ.Μ.Ε.. Το μεγαλύτερο κομμάτι της περιοχής μελέτης καλύπτεται από Νεογενή πετρώματα, στα οποία αποδόθηκε μέτριος κίνδυνος πρόκλησης πλημμύρας. Στα ΒΔ σημειώνεται η ύπαρξη υψηλού κινδύνου ενώ στα ΝΑ ο κίνδυνος είναι χαμηλός.
- Ο χάρτης κλίσεων του αναγλύφου προέκυψε από την επεξεργασία του Ψηφιακού Μοντέλου Αναγλύφου (DEM) και έδειξε ότι οι κλίσεις κυμαίνονται από 0-45%. Στις περιοχές με έντονες κλίσεις (15-35%) δεν υπάρχει σημαντικός κίνδυνος πλημμύρας αλλά οι περιοχές με μικρές κλίσεις (0-15%) θεωρούνται πιο ευάλωτες στην εκδήλωση πλημμυρικών φαινομένων.
- Ο χάρτης συσσώρευσης ροής κατασκευάστηκε με τη βοήθεια του Hydrology Modelling του ArcMap και η κατηγοριοποίηση του σε πέντε κλάσεις έγινε με τη μέθοδο Geometrical Intervals. Ο βαθμονομημένος χάρτης συσσώρευση ροής υποδεικνύει ότι η μεγαλύτερη συσσώρευση επιφανειακού νερού πραγματοποιείται κατά μήκος των κοιτών των ρεμάτων της περιοχής μελέτης και μικραίνει καθώς απομακρυνόμαστε από αυτά.
- Σύμφωνα με τα στοιχεία του προγράμματος CORINE LAND COVER 2000, προέκυψε ο χάρτης κάλυψης γης της περιοχής μελέτης που βαθμονομήθηκε σε πέντε κατηγορίες. Από το χάρτη αυτό, προέκυψε ότι την μεγαλύτερη έκταση καταλαμβάνει η μη αρδευόμενη αρόσιμη γη, με χαμηλό κίνδυνο πλημμύρας. Δεύτερα σε έκταση έρχονται τα λιβάδια, τα βοσκοτόπια και οι γεωργικές εκτάσεις, με υψηλό κίνδυνο πλημμύρας. Τρίτα σε έκταση έρχονται τα δάση, οι μεταβατικές δασώδεις / θαμνώδεις περιοχές και η σκληροφυλλική βλάστηση, με πολύ χαμηλό κίνδυνο πλημμύρας. Τέταρτες σε έκταση είναι οι αλυκές, οι βάλτοι, ο αστικός ιστός και τα δίκτυα μεταφορών με πολύ υψηλό κίνδυνο πλημμύρας. Τέλος τη μικρότερη έκταση καταλαμβάνουν η μόνιμα αρδευόμενη γη και οι σύνθετες καλλιέργειες με μέτριο κίνδυνο πλημμύρας.

- Η δημιουργία του χάρτη έντασης της βροχόπτωσης πραγματοποιήθηκε με την μεθοδολογία Modified Fournier Index (Morgan, 2005, MFI). Τα βροχομετρικά δεδομένα λήφθηκαν από τρεις βροχομετρικούς σταθμούς, το σταθμό Κούκος, το σταθμό Νέα Έφεσος και το σταθμό Σαρακατσάνα. Παρατηρείται ότι η ένταση της βροχής μειώνεται από δυτικά προς ανατολικά, δηλαδή από το ορεινό προς το πεδινό και παραθαλάσσιο κομμάτι της περιοχής μελέτης
- Ο χάρτης αποστάσεων από το υδρογραφικό δίκτυο κατηγοριοποιήθηκε σε πέντε κλάσεις με βάση την έκταση της εξεταζόμενης περιοχής, την κατανομή του υδρογραφικού δικτύου σε αυτή και τα ιστορικά δεδομένα. Παρατηρείται ότι ο ρόλος της κοίτης των ρεμάτων μειώνεται καθώς μεγαλώνει η απόσταση από αυτή και ο κίνδυνος εκδήλωσης πλημμύρας μειώνεται καθώς μεγαλώνει η απόσταση από αυτή
- Από τη συναξιολόγηση των παραμέτρων της συσσώρευση ροής, του υψομέτρου, της κάλυψη γης, της έντασης την βροχόπτωσης, της απόστασης από υδρογραφικό δίκτυο, των κλίσεων του εδάφους και της γεωλογίας, με βάση τη μεθοδολογία FIGUSED-S, κατασκευάστηκε εν τέλει ο Χάρτης Πλημμυρικής Επιδεκτικότητας. Ο χάρτης αυτός ταξινομεί την περιοχή μελέτης σε πέντε κατηγορίες, οι οποίες χαρακτηρίζουν περιοχές λιγότερο ή περισσότερο επιδεκτικές στις πλημμύρες. Από τον παραπάνω χάρτη προέκυψε ότι: τα πιο επιδεκτικά σημεία, στην εκδήλωση πλημμυρικών φαινομένων, βρίσκονται κοντά στην κοίτη των ρεμάτων και ο κίνδυνος μειώνεται καθώς μεγαλώνει η απόσταση από αυτά. Παρατηρείται επίσης ότι τα σημεία κοντά στις εκβολές των ρεμάτων στα πεδινά, στο στόμιο δηλαδή των υπολεκάνων της περιοχής, είναι πιο επιδεκτικά σε πλημμύρες. Επίσης, στα Νότια και Νοτιοανατολικά της εξεταζόμενης περιοχής, όπου τα ρέματα έχουν διευθετηθεί, υπάρχει μια μεγάλη ζώνη πολύ υψηλού πλημμυρικού κινδύνου. Σε υψηλό ή πολύ υψηλό κίνδυνο βρίσκονται χωριά όπως ο Άνω Άγιος Ιωάννης, ο Κίτρος, η Μεθώνη, ο Κορινός και ο Μακρύγιαλος, που έχουν αντιμετωπίσει πρόβλημα με τις πλημμύρες στο παρελθόν, αλλά και χωριά όπως το Ριζό, ο Κάτω Άγιος Ιωάννης, η Νέα Τραπεζούς και τα Αλώνια που δεν έχουν κινδυνέψει από πλημμυρικά φαινόμενα, γεγονός που θα πρέπει να ανησυχήσει τις τοπικές αρχές. Στο οδικό και σιδηροδρομικό δίκτυο, επίσης,

παρατηρούνται κατά τόπους περιοχές με υψηλό ή πολύ υψηλό κίνδυνο πλημμύρας όπως κοντά στον Κορινό και τον Μακρύγιαλο. Όσο αφορά τις χρήσεις γης, αυτές που έχουν υψηλή ή πολύ υψηλή επιδεκτικότητα είναι κυρίως η μη αρδευόμενη αρόσιμη γη, η γη που χρησιμοποιείται κυρίως για γεωργία και η μόνιμα αρδευόμενη γη, γεγονός ανησυχητικό καθώς η οικονομία της περιοχής βασίζεται στη γεωργία

Συμπερασματικά, διαπιστώνεται ότι η χαρτογράφηση περιοχών ευάλωτων στην εκδήλωση πλημμυρικών φαινομένων είναι αρκετά χρήσιμη καθώς μπορεί να χρησιμοποιηθεί για την πρόληψη των πλημμυρών και δύναται να βοηθήσει στην σχεδίαση αντιπλημμυρικών μέτρων, με την προϋπόθεση ότι τα δεδομένα θα έχουν ληφθεί κάτω από τις καταλληλότερες το δυνατόν συνθήκες και θα ανανεώνονται όποτε αυτό είναι δυνατό. Τα αντιπλημμυρικά μέτρα χωρίζονται κυρίως σε δύο τύπους και αυτοί είναι τα έργα υποδομής - κατασκευαστικά μέτρα (φράγματα, κανάλια, σήραγγες εκτροπής, προστατευτικά αναχώματα, τεχνητά κατακλιζόμενες περιοχές κ.λπ.) και τα μη κατασκευαστικά μέτρα (ενίσχυση κατασκευών, απαγορευτικά μέτρα κατασκευής οικισμών, χωροταξικό σχεδιασμό, συστήματα έγκαιρης προειδοποίησης, εκκένωση πόλεων, προληπτικές κατασκευές, ολοκληρωμένα σχέδια διαχείρισης κ.λπ.). Στη παρούσα μελέτη δε θα προταθούν αντιπλημμυρικά μέτρα καθώς κάτι τέτοιο επιβάλλει συστηματική έρευνα πεδίου και ένας χάρτης δεν μπορεί να αντικαταστήσει ή να την περιορίσει σε καμία περίπτωση, μπορεί όμως να χρησιμοποιηθεί ως ένας γενικός οδηγός.

Στο μέλλον, η παρούσα έρευνα θα μπορούσε να εξελιχθεί με την λεπτομερειακή μελέτη των διάφορων τοπικών συνθηκών που επηρεάζουν τα πλημμυρικά φαινόμενα. Μια παράμετρος που θα μπορούσε να εξεταστεί είναι η αλλαγή των χρήσεων γης και η διαχείριση του υδατικού δυναμικού στην ευρύτερη περιοχή. Θα μπορούσε επίσης να μελετηθεί η διευθέτηση των ρεμάτων και η αρτιότητα του σχεδιασμού αυτής. Ένας ακόμα σημαντικός παράγοντας στα πλημμυρικά φαινόμενα είναι η στερεομεταφορά των χειμάρρων και η γενικότερη δυναμική της κοίτης τους. Για μια ακόμα πιο άρτια μελέτη χρειάζεται να υπολογιστεί το ύψος της πλημμύρας και η παροχή αιχμής για διάφορες περιόδους επαναφοράς. Η εκδήλωση των πλημμυρών σχετίζεται εκτός των άλλων και με την χάραξη των οδικών αξόνων, που επηρεάζουν το υδρολογικό ισοζύγιο της

λεκάνης απορροής. Εκτός όμως από την μελέτη του οδικού και σιδηροδρομικού δικτύου χρειάζεται και μια περαιτέρω διερεύνηση του ρόλου των γεφυρών της περιοχής καθώς μια γέφυρα μπορεί να συγκρατήσει μια πλημμύρα στα ανάντη, με θετικά ή μη αποτελέσματα, μπορεί όμως και να καταστραφεί από αυτή, επιτρέποντας την έτσι να εξελιχθεί και στις κατάντη περιοχές. Το επόμενο βήμα εξέλιξης της παρούσας διατριβής είναι να γίνει προσομοίωση στην περιοχή με μοντέλο, με την προϋπόθεση να βρεθούν δεδομένα απορροής (μετρήσεις).

Συνοψίζοντας, πρέπει να αναφερθεί ότι οι πλημμύρες ήταν, είναι και θα είναι ένα φυσικό φαινόμενο που πάντα θα επηρεάζει τον άνθρωπο καθώς είναι αναγκασμένος να ζει και να εξελίσσεται κοντά στο υδάτινο στοιχείο. Αυτό όμως που μπορεί και πρέπει να γίνει είναι η ελαχιστοποίηση των επιπτώσεων του φαινομένου αυτού με μελετημένες και περιβαλλοντικές παρεμβάσεις καθώς και η δυνατότητα έγκαιρης προειδοποίησης του πληθυσμού. Σε αυτό θα βοηθήσει σημαντικά η εγκατάσταση και η λειτουργία ενός δικτύου παρακολούθησης υδρολογικών και μετεωρολογικών παραμέτρων σε ευάλωτες περιοχές στην εκδήλωση πλημμυρών, όπως είναι και η περιοχή μελέτης, στο οποίο θα υπάρχει η δυνατότητα τηλεμετρικού χειρισμού και η διαχείρισή του θα γίνεται από την αρμόδια τοπική υπηρεσία. Αλλά πάνω από όλα σημαντική και απαραίτητη είναι η ενημέρωση των πολιτών ώστε κάθε πλημμυρικό γεγονός να αφήνει πίσω του όσο το δυνατό λιγότερες απώλειες και καταστροφές.

8. ΒΙΒΛΙΟΓΡΑΦΙΑ

Ελληνική

- Αλεξιάκης, Δ., 2003: Διαχρονική παρακολούθηση του όρους Καμήλα και της ευρύτερης περιοχής, με τη βοήθεια της Τηλεπισκόπησης και των Γεωγραφικών Συστημάτων Πληροφοριών. Μία περιβαλλοντική προσέγγιση, *Διατριβή Ειδίκευσης*, Α.Π.Θ., Τμήμα Γεωλογίας, Θεσσαλονίκη
- Ανδρεαδάκης Εμμ. & Φουντούλης Ι., 2007: Εκτίμηση πλημμυρικής επικινδυνότητας σε τεκτονικά ενεργές περιοχές, *Συμπόσιο Τεκτονικής Γεωλογίας προς τιμήν του Ομότιμου Καθηγητή Ηλία Μαριολάκου*, Αθήνα
- Αστάρας, Θ., 1998: Φωτοερμηνεία (Τηλεπισκόπηση) στις Γεωεπιστήμες, *Πανεπιστημιακές Σημειώσεις*, Τμήμα Γεωλογίας, Α.Π.Θ., Θεσσαλονίκη
- Αστάρας Θ., Οικονομίδης Δ., Μουρατίδης Α., 2007: Ψηφιακή Χαρτογραφία και Γεωγραφικά Συστήματα Πληροφοριών (G.I.S.), *Διδακτικές σημειώσεις*, Α.Π.Θ., Τμήμα Γεωλογίας, Α.Π.Θ., Θεσσαλονίκη
- Βουβαλίδης Κωνσταντίνος, 2007-2008: Μαθήματα Φυσικής Γεωγραφίας, *Διδακτικές σημειώσεις*, Α.Π.Θ., Τμήμα Γεωλογίας, Θεσσαλονίκη
- Βουδούρης Κώστας, 2009: Υδρογεωλογία Περιβάλλοντος, Υπόγεια Νερά και Περιβάλλον
- Γεωγραφική Υπηρεσία Στρατού (Γ.Υ.Σ.), 1970: Τοπογραφικός χάρτης κλίμακας 1:50.000, φύλλο: Κατερίνη
- Γεωγραφική Υπηρεσία Στρατού (Γ.Υ.Σ.), 1970: Τοπογραφικός χάρτης κλίμακας 1:50.000, φύλλο: Κολινδρός
- Δομακίνης, Χ., 2005: Η χρήση της Τηλεπισκόπησης και των Γεωγραφικών Συστημάτων Πληροφοριών στη χαρτογράφηση κατολισθήσεων, στην παράκτια περιοχή Στρυμονικού Κόλπου – Καβάλας, *Διατριβή Ειδίκευσης*, Α.Π.Θ., Τμήμα Γεωλογίας, Θεσσαλονίκη

- Δημητρίου Η., 2007: Εκτίμηση τρωτότητας περιοχών του Ν. Λακωνίας σε πλημμυρικά γεγονότα, *Ινστιτούτο Εσωτερικών Υδάτων, Ελληνικό Κέντρο Θαλασσίων Ερευνών*
- Ειδική Γραμματεία Υδάτων, 2014: Σχέδιο διαχείρισης των λεκανών απορροής του υδατικού διαμερίσματος Δυτικής Μακεδονίας
- Εφαρμογή Οδηγίας 2007/60/ΕΚ, Προκαταρκτική αξιολόγηση κινδύνων πλημμυράς 2012
- Ινστιτούτο Γεωλογικών και Μεταλλευτικών Ερευνών (Ι.Γ.Μ.Ε.), 1978: Γεωλογικός χάρτης κλίμακας 1:50.000, φύλλο: ΚΑΤΕΡΙΝΗ
- Ινστιτούτο Γεωλογικών και Μεταλλευτικών Ερευνών (Ι.Γ.Μ.Ε.), 1978: Γεωλογικός χάρτης κλίμακας 1:50.000, φύλλο: ΚΟΛΙΝΔΡΟΣ
- Καζάκης Αθ. Νεραντζής, 2008: Εκτίμηση της τρωτότητας των υπόγειων νερών στην εξωτερική ρύπανση. Εφαρμογή στη λεκάνη της Φλώρινας, *Διατριβή Ειδίκευσης, Α.Π.Θ., Τμήμα Γεωλογίας, Θεσσαλονίκη*
- Κασάπη Κ., Αγγελάκου Γ., Κανλή Α., Πάτσια Α., Αλμπανάκης, Κ., Κοτζαγεώργης Γ., Γεωργιάδης Π. και Λαζαρίδου Μ.: Καθορισμός τύπων επιφανειακών υδάτων σύμφωνα με την Οδηγία 2000/60 ΕΚ – Εφαρμογή με τη χρήση Γ.Σ.Π. στο Ελληνικό τμήμα της λεκάνης απορροής του Νέστου ποταμού, *Δελτίο Ελληνικής Γεωλογικής Εταιρίας τόμος XXXXII, 2009*
- Καταφιώτη, Μ., 2008: Εκτίμηση των περιβαλλοντικών συνθηκών στο Ν. Χαλκιδικής όσον αφορά τα βαρέα μέταλλα, *Διατριβή Ειδίκευσης, Παν/μιο Πατρών, Τμήμα Γεωεπιστημών και Περιβάλλοντος, Πάτρα*
- Λέκκας, Ε.Λ., 2000: Φυσικές και τεχνολογικές καταστροφές, *Τόμος Β', Αθήνα*
- Μπαντέλας, Α.Γ., Σαββαΐδης, Π.Δ., Υφαντής, Ι.Μ. και Δούκας, Ι.Δ., 1995: Γεωδαισία: Γεωδαιτικά όργανα και μέθοδοι μέτρησης και υπολογισμών, *Θεσσαλονίκη*
- Μουντράκης, Δ., 2010: Γεωλογία και γεωτεκτονική εξέλιξη της Ελλάδας, *Θεσσαλονίκη*
- Νικολαΐδου, Μ., 2009: Χρήση της Τηλεπισκόπησης και των Γεωγραφικών Συστημάτων Πληροφοριών στην καταγραφή των πλημμυρών της ορεινής περιοχής Νοτίως

της λίμνης Βόλβης. Μια περιβαλλοντική προσέγγιση, *Διατριβή Ειδίκευσης*, Α.Π.Θ., Τμήμα Γεωλογίας, *Θεσσαλονίκη*

Παππά Μαρία, 2012: Καταγραφή πλημμυρών και εκτίμηση πλημμυρικής επιδεκτικότητας με τη βοήθεια της τηλεπισκόπησης και των γεωγραφικών συστημάτων πληροφοριών. Ένα παράδειγμα από τη ΒΑ Χαλκιδική, *Διατριβή Ειδίκευσης*, Α.Π.Θ., Τμήμα Γεωλογίας, *Θεσσαλονίκη*

Παράσχου, Θ., 2005: Η γεωμορφολογική εξέλιξη της κοιλάδας του Ίναχου ποταμού της Φθιώτιδας, παραποτάμου του Σπερχειού ποταμού, *Διατριβή Ειδίκευσης*, Α.Π.Θ., Τμήμα Γεωλογίας, *Θεσσαλονίκη*

Παυλίδης Θεοφάνης, Μαρίνος Διονύσιος και Μάρης Φώτιος, 2004: Μορφομετρικά και υδρογραφικά χαρακτηριστικά των χειμάρρων της βόρειας Πιερίας, *Scientific References COSMOS*

Σαπουντζής Μ., 2006: Υδάτινα ρεύματα και συνθήκες πλημμυρογένεσης. Α' μέρος. *Πυροσβεστική Επιθεώρηση*, Τεύχος 120, περίοδος Β, σελ. 8-11

Σούλιος, Γ.Χ., 1996: Γενική Υδρογεωλογία, Α.Π.Θ., *Θεσσαλονίκη*

Σωτηριάδης, Λ., Ψιλοβίκος, Α., 1984: Ασκήσεις Γεωμορφολογίας, Α.Π.Θ., *Υψηλές Δημοσιευμάτων, Θεσσαλονίκη*

Τ.Ε.Ε, 2007: Αντιπλημμυρικός σχεδιασμός – διαχείριση κινδύνου πλημμυρών, Συμπεράσματα, *Ημερίδα με ομώνυμο τίτλο, Αθήνα*

Υ.Α 1299/2003. «Έγκριση του από 7.4.2003 Γενικού Σχεδίου Πολιτικής Προστασίας με τη συνθηματική λέξη «ΞΕΝΟΚΡΑΤΗΣ» (ΦΕΚ 423/Β/10.4.2003)»

ΥΠΕΧΩΔΕ, Οργανισμός Κτηματολογίου και Χαρτογραφίσεων Ελλάδος, 2004: Ενημέρωση της Βάσης Δεδομένων Κάλυψης Γης CORINE LAND COVER για το έτος 2000

Φουρνιάδης, Ι., Οικονομίδης, Δ. & Αστάρης, Θ., 2002: Εντοπισμός περιοχών επιδεκτικών σε διάβρωση, με τη βοήθεια των Γεωγραφικών Συστημάτων Πληροφοριών

(GIS) και της Τηλεπισκόπησης. Ένα παράδειγμα από την υδρογραφική λεκάνη του Ανθεμούντα, *Πρακτικά του Πανελλήνιου Γεωγραφικού Συνεδρίου της Ελληνικής Γεωγραφικής Εταιρίας, Θεσσαλονίκη*

Ξενόγλωση

Bonacci, O., Ljubenkova, I., Roje-Bonacci, T., 2006: Karst flash floods: an example from the Dinaric karst (Croatia). *Nat. Hazards Earth Syst. Sci.* 6 (2), 195–203

Demek, J., 1972.: Manual of detailed geomorphological mapping. *Academia, Prague*

Dikau, R., 1989: The application of a digital relief model to landform analysis. *Taylor and Francis, London*

Gopalakrishnan Chennat, Norio Okada, 2007: Water and Disasters, *Routledge*

Kazakis Nerantzis, Kougias Ioannis, Patsialis Thomas, 2015 : Assessment of flood hazard areas at a regional scale using an index-based approach and Analytical Hierarchy Process: Application in Rhodope–Evros region, *Greece*

Kourgialas Nektarios N., Karatzas George P., 2011 : Flood management and a GIS modelling method to assess flood-hazard areas - a case study, Department of Environmental Engineering, *Technical University of Crete, Chania, Greece*

Maidment David R., Oscar Robayo, 2002: Watershed and Stream Network Delineation, Center for Research in Water Resources, *University of Texas at Austin, September*

Morgan R.P.C., 2005, ‘Soil erosion and conservation’, *Blackwell Publishing Ltd, Oxford UK*

Saaty, T.L., 1980: The Analytical Hierarchy Process, NY, *McGraw Hill*

Schanze Jochen, Evzen Zeman, Jiri Marsalek, 2006: Flood Risk Management: Hazards, Vulnerability and Mitigation Measures, *NATO Science Series*

Πηγές από το διαδίκτυο

<http://asterweb.jpl.nasa.gov/gdem.asp>

<http://diocles.civil.duth.gr/>

<https://el.wikipedia.org/>

<http://geodata.gov.gr/geodata>

<http://geografia.comxa.com/>

<http://kolindrinamaslatia.blogspot.gr/>

<http://lefteria.blogspot.gr/>

<https://maps.google.gr/>

<http://pieria-tourism.gr/>

<http://support.esri.com/>

<http://webhelp.esri.com/arcgisdesktop/9.3>

<http://www.flinkman-project.eu/>

<https://www.google.gr/>

<http://www.moa.gov.cy/>

<http://www.orykta.gr/>

<https://www.youtube.com/user/Dedeisab>

<http://www.ypeka.gr/>

10. ΠΑΡΑΡΤΗΜΑ

Βροχομετρικά δεδομένα (τιμές σε mm) από τον σταθμό Κούκος (2009-2013)

Κούκος	2009	2010	2011	2012	2013
Ιανουάριος	48,4	6,6	28,2	29,8	21,4
Φεβρουάριος	17,8	102,0	165,6	18,4	135,4
Μάρτιος	35,6	49,2	88,0	7,8	35,8
Απρίλιος	35,8	39,4	28,8	63,4	36,4
Μάιος	51,8	69,4	51,8	57,7	11,4
Ιούνιος	39,0	65,8	15,8	40,2	91,2
Ιούλιος	12,0	51,0	16,8	26,6	22,2
Αύγουστος	25,0	7,4	10,2	14,2	25,4
Σεπτέμβριος	33,2	49,2	109,0	63,8	18,2
Οκτώβριος	122,6	217,6	27,2	60,5	20,2
Νοέμβριος	36,6	15,0	31,0	96,6	44,8
Δεκέμβριος	122,2	23,6	62,2	55,0	65,8

Βροχομετρικά δεδομένα (τιμές σε mm) από τον σταθμό Νέα Έφεσσος (2009-2013)

Νέα Έφεσσος	2009	2010	2011	2012	2013
Ιανουάριος	93	21	77	93	29
Φεβρουάριος	48	89	152	95	112
Μάρτιος	43	44	75	14	31
Απρίλιος	23	19	26	84	22
Μάιος	65	82	52	66	27
Ιούνιος	31	23	28	27	27
Ιούλιος	6	34	3	14	43
Αύγουστος	50	4	26	27	15
Σεπτέμβριος	78	9	85	57	20
Οκτώβριος	84	162	42	96	13
Νοέμβριος	16	12	33	204	76
Δεκέμβριος	33	25	83	120	91

Βροχομετρικά δεδομένα (τιμές σε mm) από τον σταθμό Σαρακατσάνα (2009-2013)

Σαρακατσάνα	2009	2010	2011	2012	2013
Ιανουάριος	112,4	10,0	26,0	3,6	37,0
Φεβρουάριος	36,0	46,0	51,8	13,4	28,4
Μάρτιος	36,4	21,8	73,6	144,0	104,6
Απρίλιος	76,4	64,2	69,2	156,0	112,6
Μάιος	102,4	122,2	127,6	117,4	94,2
Ιούνιος	97,2	98,4	63,8	86,5	98,6
Ιούλιος	44,0	115,2	20,0	59,7	42,2
Αύγουστος	97,4	25,6	103,8	75,6	36,4
Σεπτέμβριος	81,2	128,4	40,4	83,3	44,4
Οκτώβριος	317,8	279,4	63,6	78,6	45,6
Νοέμβριος	66,7	79,6	25,8	281,8	171,4
Δεκέμβριος	210,8	132,8	30,5	39,0	126,2